



# **Indikator-Kennblätter**

## **Anlage 2 zur Machbarkeitsstudie**

### **„Indikatoren zu Klimafolgen und Klimaanpassung in Bayern“**

## Impressum

Indikator-Kennblätter - Anlage 2 zur Machbarkeitsstudie „Indikatoren zu Klimafolgen und Klimaanpassung in Bayern“

### Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)  
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160  
86179 Augsburg  
Tel.: 0821 9071-0  
Fax: 0821 9071-5556  
E-Mail: [poststelle@lfu.bayern.de](mailto:poststelle@lfu.bayern.de)  
Internet: [www.lfu.bayern.de/](http://www.lfu.bayern.de/)

### Konzept und Bearbeitung:

Bosch & Partner GmbH, München, Konstanze Schönthaler, Stefan von Andrian-Werburg, Mareike Buth  
Bayerisches Landesamt für Umwelt, Referat 81, Susann Schwarzak

### Fachliche Begleitung:

Bayerisches Landesamt für Umwelt  
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft  
Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit  
Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau  
Bayerisches Landesamt für Statistik  
Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft  
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft  
Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten  
Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr  
Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie  
Bayerisches Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr  
Bayerisches Staatsministerium der Finanzen, für Landesentwicklung und Heimat

### Bildnachweis:

Titelbild: © alexanderoberst / Fotolia

### Stand:

September 2017

Diese Publikation wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Publikation nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Publikation zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden. Bei publizistischer Verwertung – auch von Teilen – wird um Angabe der Quelle und Übersendung eines Belegexemplars gebeten.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die Broschüre wird kostenlos abgegeben, jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. Diese Broschüre wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 089 122220 oder per E-Mail unter [direkt@bayern.de](mailto:direkt@bayern.de) erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.

## Übersicht erstellte Indikator-Kennblätter

Entsprechend der Ausführungen in Kapitel 2.5 Ausarbeitung der Pilot-Indikatoren in der Machbarkeitsstudie wurden für folgende Pilot-Indikatoren die Kennblätter erstellt:

I-WW-4	Hochwasser
I-WW-6	Überschreitung fischverträglicher Wassertemperaturen
R-WW-1	Hochwasserschutzmaßnahmen
I-LW-2	Verschiebung agrarphänologischer Phasen
R-LW-1	Anbau wärmeliebender Sorten
I-FW-4	Mistelbefall von Waldbäumen
R-FW-1	Mischbestände
I-NA-1	Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten
I-NA-2	Ausbreitung der Sichelschrecke
I-BO-4	Humusentwicklung
I-BO-5	Schwinden von Permafrost
I-GE-1	Hitzebelastung
I-GE-1	Allergene Wildpflanzen
I-GE-3	Belastung mit Ambrosia
I-KS-1	Wetter- und witterungsbedingte Katastrophenfälle
R-RO-1	Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für die Wasserversorgung
R-SB-1	Flächenverbrauch
R-SB-2	Erholungsfläche in Städten
R-BA-1	Fördermittel für klimawandelangepasstes Bauen und Sanieren
I-VE-1	Schiffbarkeit der Binnenschiffahrtsstraßen
I-VE-2	Wetterbedingte Straßenverkehrsunfälle
I-EW-1	Heiz- und Kühlgradtage
I-EW-2	Wetterbedingte Unterbrechungen der Stromversorgung Wasseraufkommen
R-IG-1	und -intensität
I-FI-1	Hagel- und Sturmschäden in der Verbundenen Wohngebäudeversicherung
I-FI-2	Elementarschäden in der Verbundenen Wohngebäudeversicherung



Anlage 2-01 zur Machbarkeitsstudie „Indikatoren für Klimafolgen und Klimaanpassung in Bayern“

Indikatoren-Kennblatt zum Klimafolgenmonitoring

## I-WW-4 Hochwasser

### 1 Basisinformationen

Verfasser	Bosch & Partner GmbH: Mareike Buth
Zuständigkeit	Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), Ref. 81 Klimawandel und Wasserhaushalt: Holger Komischke
Letzte Aktualisierung	04.04.2017
Nächste Fortschreibung	Im Rahmen der Fortschreibung könnte die Entwicklung eines Indikatorzusatzes zum HQ im hydrologischen Jahr geprüft werden, um die Intensität der Hochwasserereignisse darzustellen.

### 2 Einordnung und Berechnung

Handlungsfeld	Wasserwirtschaft	
Kategorie	Impact	
Indikationsfeld	Abflussverhältnisse, Wasserstände (BayKLAS-Themen: Oberflächenwasser, Wasserwirtschaft in den Alpen)	
Thematischer Teilaspekt	Häufung und Verstärkung von Abflussexremen	
Kurzbeschreibung des Indikators (Einheit)	Indikator	Anzahl der Pegel mit einer klassifizierten Anzahl an Hochwassertagen (= Tage im hydrologischen Jahr, an denen der mittlere Tagesabflusswert den MHQ (1961-1990) überschreitet). (Anzahl)
	Zusatz	Anzahl der Hochwassertage (gemittelt über 59 repräsentative Pegel) im jeweiligen hydrologischen Jahr; als Vergleichswert ist die mittlere Anzahl der Hochwassertage im Zeitraum 1971 bis 2000 angegeben (Anzahl)
Berechnungsvorschrift	Indikator	Anzahl der Hochwassertage für den Pegel Achleiten = Anzahl der Tage im hydrologischen Jahr, an denen der mittlere Tagesabflusswert den über 30 Jahre (1961-1990) gemittelten höchsten jährlichen Tageswert des Abflusses (MHQ) überschreitet Analog für alle anderen Pegel <u>Kategorisierung der Pegel nach der Anzahl der Hochwassertage pro Jahr:</u> Pegel mit 0 Hochwassertagen, Pegel mit 1 bis <5 Hochwassertagen, Pegel mit 5 bis <10 Hochwassertagen, Pegel mit 10 bis <20 Hochwassertagen, Pegel mit 20 und mehr Hochwassertagen

	Zusatz	Mittlere Anzahl der Hochwassertage (= Tage im hydrologischen Jahr, an denen der mittlere Tagesabflusswert den MHQ (1961-1990) überschreitet) im Jahr = Summe der Hochwassertage aller betrachteten Pegel in diesem Jahr / Anzahl der Pegel
Verständnis des Indikatorwerts	Indikator, Zusatz	Je höher der Indikatorwert, desto mehr Pegel wurden anhand der dort aufgetretenen Anzahl an Hochwassertagen der jeweiligen Kategorie zugeordnet bzw. desto mehr Hochwassertage gab es.

### 3 Begründung und Interpretation

Begründung	<p>Hochwasserereignisse sind natürliche Phänomene, die Landschaften gestalten und Lebensräume für Arten schaffen (LfU 2008: 4). Sie treten je nach Entstehungsursache jahreszeitlich und räumlich in unterschiedlicher Ausprägung auf. Insbesondere im Sommer kann es aufgrund konvektiver Starkniederschlagsereignisse zu räumlich begrenzten Hochwasserereignissen in Bächen und kleineren Flüssen sowie Überflutungen (u. a. auch im urbanen Bereich) kommen. Lang andauernde und großräumige Niederschlagsereignisse treten oftmals in Verbindung mit einer Schneeschmelze im Winter und Frühjahr auf und führen dann zu Hochwasser in den mittleren und größeren Flüssen. Verstärkt wird dies, wenn der Boden noch gefroren oder sehr trocken ist und daher nur wenig oder kein Wasser aufnehmen kann. Niederschlag wird dann direkt abflusswirksam. Hochwasser aufgrund von Schneeschmelze treten vor allem in den Mittelgebirgen und am Alpenrand auf. (LfU 2016 und DAS-Indikator-Factsheet WW-I-3)</p> <p>Der Klimawandel kann zu einer Veränderung der Häufigkeit und Intensität (Schwere) von Hochwasserereignissen führen. Für Bayern wird erwartet, dass die Niederschlagsmengen im Winter und Frühjahr zunehmen (LfU 2016). Im Sommer kann die Hochwassergefahr steigen, wenn Niederschläge verstärkt als Starkregen fallen.</p> <p>Extreme Hochwasserereignisse können je nach Ort des Auftretens und der Nutzung ufernaher Bereiche zu gravierenden gesundheitlichen, wirtschaftlichen und ökologischen Schäden führen. In den vergangenen Jahrzehnten ist das Hochwasserrisiko auch deshalb gestiegen, weil hochwassergefährdete Gebiete eine immer stärkere Nutzung erfahren haben. So erhöht eine Umwandlung von Grünland in Acker oder von Wald in Weide den Oberflächenabfluss. Auch Flächenversiegelung und die Verringerung von Retentionsräumen verstärken natürliche Hochwasserphänomene. Zunehmende Bautätigkeit in hochwassergefährdeten Gebieten vergrößert die wirtschaftlichen Schäden. Andererseits werden zunehmend technische Maßnahmen ergriffen, mit denen der Hochwasserscheitel, also der höchste Pegelstand, der während eines Hochwassers erreicht wird, vermindert werden kann. (LfU 2016 und DAS-Indikator-Factsheet WW-I-3)</p> <p>Für den Indikator wurden Pegel verwendet, die in der Kooperation KLIWA bereits für ein Monitoring nach ihrer Repräsentativität für Bayern ausgewählt wurden. Der Indikator klassifiziert diese Pegel nach der Anzahl der Hochwassertage im jeweiligen Jahr. Er mittelt bewusst nicht über alle Pegel hinweg, sodass deutlich wird, in welchem Umfang die jeweiligen Pegel und wie viele Pegel innerhalb des jeweiligen Jahres von Hochwasser betroffen waren. Dies lässt gewisse Rückschlüsse darüber zu, wie großflächig die Hochwasserereignisse waren. Die extremen Hochwasser der Jahre 2002 und 2013 sind z. B. daran zu erkennen, dass jeweils fast 50 % der Pegel 5 und mehr Hochwassertage verzeichneten.</p> <p>Die Wahl, Hochwasser über den mittleren Tagesabflusswert zu definieren, erfolgte, um einzelne kurze Spitzen des Pegelstandes aus der Betrachtung herauszunehmen. Zudem sind diese Tageswerte üblicherweise Berechnungsgrundlage für den MHQ, womit der Indikator direkt an vorhergehende Arbeiten anschließt.</p> <p>Der Indikatorzusatz zeigt die über alle Pegel gemittelte Zahl der Hochwassertage. Als Orientierung ist zusätzlich die mittlere Anzahl der Hochwassertage dieser Pegel im Zeitraum 1971-2000 angegeben. Diese Darstellung unterstützt die Identifikation von Extremjahren zusätzlich. So zeichnen sich beispielsweise das Pfingsthochwasser von 1999 sowie die Hochwasserereignisse der Jahre 2002 und 2013 deutlich ab.</p>
------------	--

Schwächen	<p>Die Darstellung liefert keine Aussage darüber, ob es Pegel gibt, an denen besonders häufig Hochwasser aufgetreten sind. Auch zur konkreten Dauer und Ausdehnung eines einzelnen Hochwasserereignisses stellt der Indikator keine direkten Informationen bereit. Hierzu wären regionale Darstellungen hilfreich.</p> <p>Die dem Indikator zugrunde gelegte Definition von Hochwassertag (Tag, an dem der mittlere Abfluss den MHQ (1961-1990) des jeweiligen Pegels überschreitet) erlaubt keine Aussage zur Intensität des Hochwassers (wie stark wurde der MHQ überschritten). Ein Indikatorzusatz über den HQ im hydrologischen Jahr wäre im Rahmen der Weiterentwicklung des Indikators denkbar.</p>
Referenzen auf andere Indikatoren-systeme	<p>Klimafolgenmonitoring des Bundes: WW-I-3 Hochwasser, VE-I-1 Schiffbarkeit der Binnenschiffahrtsstraßen</p> <p>Klimafolgenmonitoring Baden-Württemberg: I-WH-2 Hochwasserabfluss, I-WE-1 Schiffbarkeit der Binnenschiffahrtsstraßen Rhein und Neckar</p> <p>Klimafolgenmonitoring Hessen: Hochwasserdauer</p> <p>Klimafolgenmonitoring Sachsen: I-W1: Jahreszeitliche Auflösung der Abflüsse</p> <p>Klimafolgenmonitoring Thüringen: I-WW-2 Hochwasserabfluss</p> <p>Indikatorensystem zu Klimaentwicklung und Klimawandelfolgen der Europäischen Umweltagentur: CLIM 017 River floods</p>
In der BayKLAS beschriebene Klimawandel-folgen	<p>Zudem erhöht eine Zunahme der Intensität und Häufigkeit konvektiver Starkniederschläge insbesondere im Sommer die räumlich begrenzte Überflutungs- bzw. Hochwassergefahr von Straßen und Grundstücken auch unabhängig von der Lage am Gewässer (→ Städtebau). Besonders an kleineren Gewässern und Wildbächen können Starkregenereignisse vermehrt zur Überlastung des Gewässers führen. Aus einer Zunahme von Starkregenereignissen können auch Auswirkungen auf die morphologischen Prozesse in den Fließgewässern resultieren. Eine verstärkte Sohlerosion mit vielfältigen Folgen (z. B. Grundwasserabsenkung, Gefährdung von Brückenbauwerken etc.) kann die Konsequenz sein (→ Boden, → Bauwesen). Mit steigenden Temperaturen im Winter nimmt der Anteil von Schnee am Gesamtniederschlag ab, wodurch sich die Wasserspeicherung in Form von Schnee zeitlich reduziert. Der Niederschlag kommt somit vermehrt zum unmittelbaren Abfluss und die Gefahr von winterlichem Hochwasser nimmt zu. Besonders im Alpenraum ist mit einem häufigeren Auftreten von Extremen wie Starkniederschlägen und den entsprechenden Folgen (Hochwasser, Murgang etc.) zu rechnen. (S. 37f)</p>
Zielbezüge, Maßnahmen	<p>Planung und Umsetzung von Maßnahmen zur Wasserrückhaltung in der Fläche (HW_04)</p> <p>Reduzierung der Versiegelung von Flächen und dezentrale Versickerung des Niederschlagswassers zum Wasserrückhalt und zur Entlastung von Abwasseranlagen (HW_06)</p> <p>Umsetzung der Konzepte für den technischen Hochwasserschutz unter Berücksichtigung des Klimaänderungsfaktors bei der Bemessung (HW_09)</p> <p>Weitere – vor allem planerische und konzeptionelle – Anpassungsmaßnahmen finden sich in der BayKLAS auf den Seiten 44ff.</p>
Berichtspflichten	Derzeit keine

#### 4 Technische Informationen

Datenquelle	Indikator, Zusatz	Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU): Pegelmessnetz des LfU
Räumliche Auflösung	Indikator, Zusatz	NUTS 1
Geografische Abdeckung	Indikator, Zusatz	Ganz Bayern

Zeitliche Auflösung	Indikator, Zusatz	Ab 1951, jährlich
Beschränkungen, Datenkosten	Keine	
Aufwand	Ca. 4 Std. für die Datenfortschreibung	

## 5 Darstellung

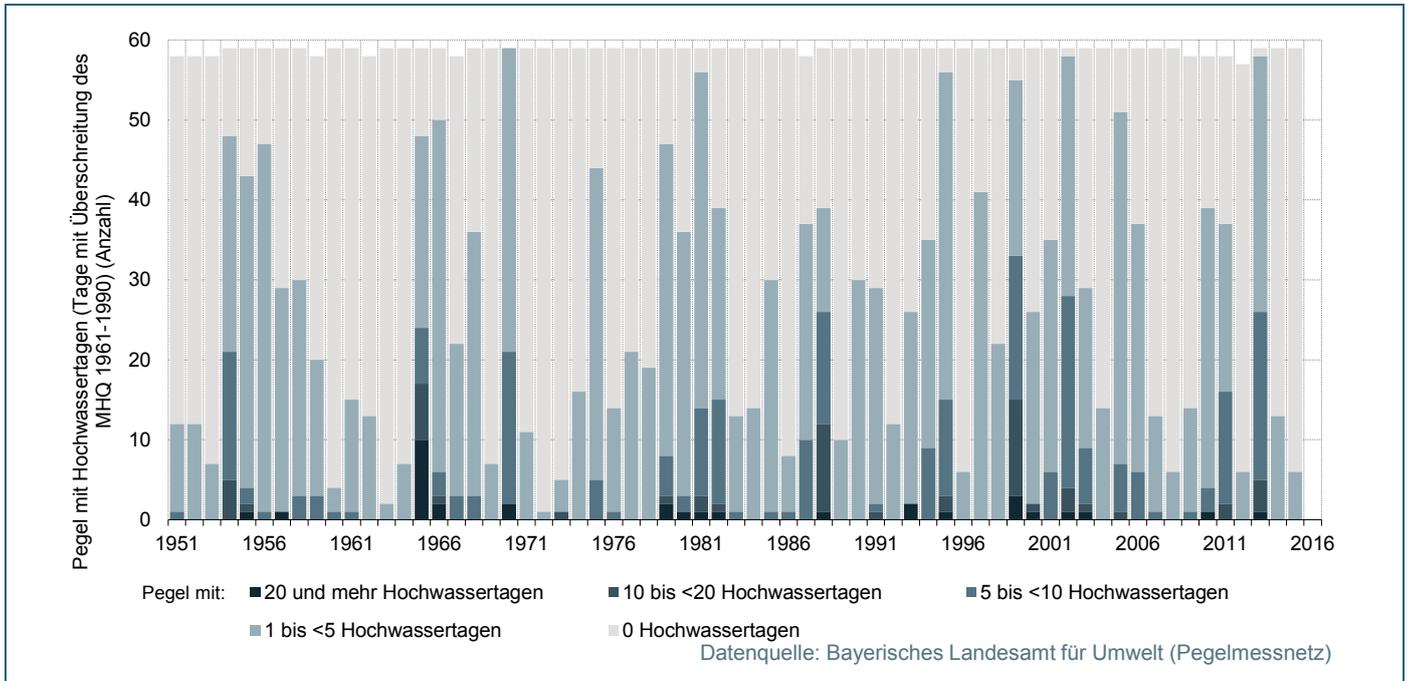


Abb. 1: Indikator – Anzahl der Pegel mit einer definierten Menge an Hochwassertagen im Jahr

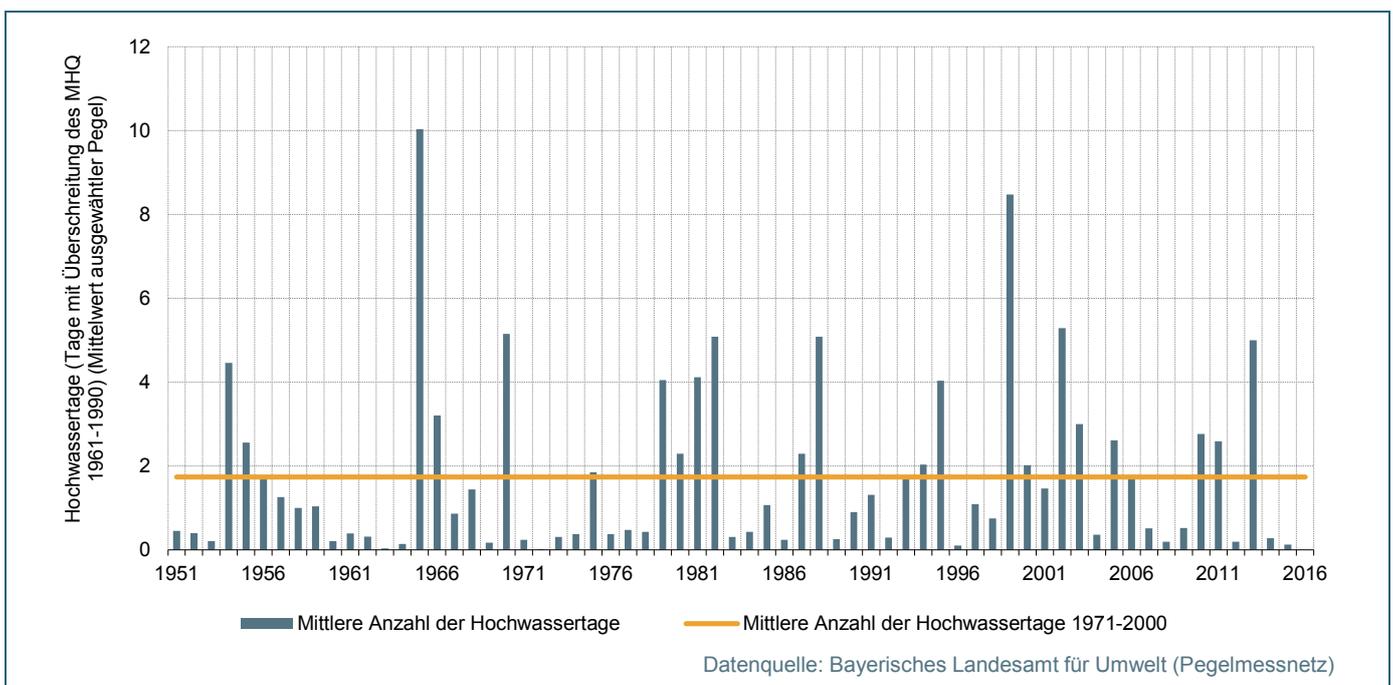


Abb. 2: Zusatz – Mittlere Anzahl der Hochwassertage

## 6 Glossar

### Hochwasser

Gemäß DIN 4049 ist Hochwasser der „Zustand in einem oberirdischen Gewässer, bei dem der Wasserstand oder der Durchfluss einen bestimmten Wert (Schwellenwert) erreicht oder überschritten hat“. In der Regel haben die Schwellenwerte Bedeutung im Hinblick auf das bei einem Hochwasser anhaftende Schadenspotenzial. Dieses wird bestimmt durch a) Scheitelhöhe, Dauer und Abflussvolumen, b) Topographie und Nutzung sowie c) die Jahreszeit, in der das Ereignis eintritt (Normenausschuss Wasserwesen (NAW) im DIN (1994): DIN 4049-3, Hydrologie Teil 3: Begriffe der quantitativen Hydrologie).

Gem. Art. 2 der Richtlinie 2000/60/EG gilt folgende Begriffsbestimmungen: „Hochwasser“: zeitlich beschränkte Überflutung von Land, das normalerweise nicht mit Wasser bedeckt ist. Diese umfasst Überflutungen durch Flüsse, Gebirgsbäche, zeitweise ausgesetzte Wasserströme im Mittelmeerraum sowie durch in Küstengebiete eindringendes Meerwasser; Überflutungen aus Abwassersystemen können ausgenommen werden.

### HQ

Höchster Hochwasserabfluss im angegebenen Zeitraum

### Hydrologisches Jahr

01.11. des Vorjahres bis 31.10. jeweiligen Jahres

### MHQ

Mittlerer Hochwasserabfluss der betrachteten Zeitspanne als arithmetisches Mittel der höchsten Abflüsse (HQ) gleichartiger Zeitabschnitte für die Jahre des Betrachtungszeitraums

## 7 Weiterführende Literatur

- Arbeitskreis KLIWA (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Bayerisches Landesamt für Umwelt, Deutscher Wetterdienst) (Hrsg.) 2002: Langzeitverhalten der Hochwasserabflüsse in Baden-Württemberg und Bayern. KLIWA-Projekt A 2.1.3: „Analyse zum Langzeitverhalten der Hochwasserabflüsse“. KLIWA-Berichte H. 2, Mannheim, 98 S.
- Arbeitskreis KLIWA (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Bayerisches Landesamt für Umwelt, Deutscher Wetterdienst) (Hrsg.) 2006: KLIWA-Projekt A 1.1.3 Langzeitverhalten der Starkniederschläge in Baden-Württemberg und Bayern „Trenduntersuchungen extremer Niederschlagsereignisse in Baden-Württemberg und Bayern“, KLIWA-Berichte H. 8, Offenbach, 93 S.  
Atlas Tafel 2.9 Ausgewählte Nass- und Trockenperioden,  
Atlas Tafel 3.1 Ausgewählte Pegel an oberirdischen Gewässern  
Atlas Tafel 3.2 Flussgebiete  
Atlas Tafel 7.4 Hochwasserschutz.  
Atlas Tafel, 2.15 Mittlere Andauer von Nass- und Trockenperioden
- BayStMUV – Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (Hrsg.) 2016: Bayerische Klima-Anpassungsstrategie. München, 218 S.
- BayStMUV – Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (Hrsg.) 2014: Hochwasserschutz Aktionsprogramm 2020plus, München, 56 S.
- BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) 2003: Hydrologischer Atlas von Deutschland. Freiburg i. Brsg.
- DAS-Indikator-Factsheet WW-I-3 Hochwasser: [www.umweltbundesamt.de/ww-i-2-3-das-indikatoren](http://www.umweltbundesamt.de/ww-i-2-3-das-indikatoren)
- DVWK – Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau (Hrsg.) 1999a: Statistische Analyse von Hochwasserabflüssen. DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft, Heft 251, Bonn, 62 S.

- DVWK – Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau (Hrsg.) 1999b: Hochwasserabflüsse (enthalten u.a.: Einsatz von Niederschlags-Abfluss-Modellen zur Ermittlung von Hochwasserabflüssen). Schriftenreihe des DVWK, 124, Bonn, 252 S.
- Dyck S. & Peschke G. 1995: Grundlagen der Hydrologie, Berlin, 536 S.
- LfU – Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.) 2008: Leben mit dem Fluss. Hochwasser im Spiegel der Zeit, Augsburg, 101 S.
- LfU – Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.) 2016: Entstehung von Hochwasser:  
[www.lfu.bayern.de/wasser/hw\\_entstehung/index.htm](http://www.lfu.bayern.de/wasser/hw_entstehung/index.htm)



Indikatoren-Kennblatt zum Klimafolgenmonitoring

## I-WW-6 Überschreitung fischverträglicher Wassertemperaturen

### 1 Basisinformationen

Verfasser	Bayerisches Landesamt für Umwelt: Susann Schwarzak, Maria Foltyn
Zuständigkeit	Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Letzte Aktualisierung	04.04.2017
Nächste Fortschreibung	<p>Bei der Weiterentwicklung des Indikators müssten weitere Messstellen berücksichtigt und neben den beiden bisher dargestellten Fischregionen auch salmonidengeprägte, rithrale Gewässer ausgewertet werden.</p> <p>Zusätzlich wäre eine regionale Auswertung der jeweiligen Messstellen in Verbindung mit den Überschreitungen erforderlich, um räumliche Hot-Spots identifizieren und klimabedingte Auswirkungen von sonstigen, teils auch anthropogen bedingten Einflüssen wie lokale Wärmeeinleitungen oder Stauhaltungen differenzieren zu können. So könnte eine Kartendarstellung der jeweiligen Messstellen in Verbindung mit den Überschreitungen regionale Häufungen von Überschreitungen darstellen; z. B. wären auch vermehrte Überschreitungen im insgesamt abflussschwächeren Maingebiet denkbar.</p>

### 2 Einordnung und Berechnung

Handlungsfeld	Wasserwirtschaft	
Kategorie	Impact	
Indikationsfeld	Physikalisch-chemischer Gewässerzustand von Binnengewässern (BayKLAS-Thema: Oberflächenwasser)	
Thematischer Teilaspekt	Erwärmung von Gewässern	
Kurzbeschreibung des Indikators (Einheit)	Indikator I	Jahressumme der Tage mit Überschreitung fischverträglicher Wassertemperaturen an 16 Messstellen in Fließgewässern des Epipotamals (Anzahl der Tage)
	Indikator II	Jahressumme der Tage mit Überschreitung fischverträglicher Wassertemperaturen an acht Messstellen in cyprinidengeprägten Gewässern des Rhithrals (Anzahl der Tage)
Berechnungsvorschrift	Indikator I	<p>1. Schritt: Zuordnung der Lage von Gewässertemperaturmessstellen zu den Fischgewässertypen gemäß Oberflächengewässerverordnung (OGewV 2016), hier: Gewässer des Epipotamals (siehe Abb. 3: Übersichtskarte zur Lage der Wassertemperatur-Messstellen)</p> <p>Schritt 2: Ermittlung der Überschreitungstage: Ein Tag zählt als Überschreitungstag, sobald die Tagesmaximaltemperatur den Wert von 25 °C übersteigt.</p>

		<p>Schritt 3: Mögliche Kategorisierung der Überschreitungstage nach der Höhe der Temperaturabweichung:</p> <p>≤ 0,5 °C &gt; 0,5 bis ≤ 1 °C &gt; 1 °C bis ≤ 2 °C &gt; 2 °C</p> <p>Schritt 4: Aufsummierung der Überschreitungstage im hydrologischen Jahr, klassifiziert nach der Höhe der Temperaturüberschreitung</p>
	Indikator II	<p>1. Schritt: Zuordnung der Lage von Gewässertemperaturmessstellen zu den Fischgewässertypen gemäß Oberflächengewässerverordnung (OGewV 2016), hier: Cyprinidengeprägte Gewässer des Rhithrals</p> <p>Schritt 2: Ermittlung der Überschreitungstage: Ein Tag zählt als Überschreitungstag, sobald die Tagesmaximaltemperatur den Wert von 23 °C übersteigt.</p> <p>Schritt 3 und 4: analog zu Indikator I</p>
Verständnis des Indikatorwerts	Indikator I und II	Je höher der Indikatorwert ist, desto mehr Überschreitungstage gibt es im Jahr in der jeweiligen Temperaturklasse.

### 3 Begründung und Interpretation

Begründung	<p>Besonders betroffen von steigenden Wassertemperaturen sind wechselwarme Organismen wie z. B. Fische, deren Körpertemperatur der ihrer Umgebung entspricht.</p> <p>Die Wassertemperatur steht in einem komplexen Wirkgefüge mit der Gewässerchemie, da sie viele Prozesse z. B. vom Abbau organischer Substanzen und chemischer Schadstoffe, der Toxizität von Schadstoffen bis zur Löslichkeit von Gasen beeinflusst. Dies betrifft z. B. den Sauerstoff: Mit steigender Temperatur sinkt die Sauerstofflöslichkeit im Wasser, die Atmungsbedingungen für die Fische verschlechtern sich bei gleichzeitig höherer Stoffwechselaktivität.</p> <p>Beispielsweise konnte während des Hitzesommers 2003 ein Massensterben von Fischen (v. a. Aale) im Main beobachtet werden. In den heißen und trockenen Sommern 2014 und 2015 kam es zu vermehrten Notabfischungen von Karpfenteichen. Im Lauf des Sommers 2015 verendeten in den voralpinen Gewässern, zum Beispiel der Traun, einige Salmoniden (lachsartige Fische) infolge des Temperaturstresses und des Sauerstoffmangels.</p> <p>Aber auch in weniger extremen Jahren ist wassertemperaturbedingter Stress auf Gewässerorganismen möglich, der sich nicht offensichtlich durch Organismensterben äußert. Mögliche Auswirkungen solcher „unterschwelliger Temperaturprobleme“ auf die Gewässerökologie können wohl auch durch aufwändige Monitoringprogramme nicht eindeutig bewertet werden.</p> <p>Der vorliegende Indikator ermöglicht, das Auftreten potenzieller temperaturbedingter Stresssituationen für Fische in jährlicher Auflösung im zeitlichen Verlauf zu vergleichen. Ferner kann er – bei Vorhandensein von Messzeitreihen der Wassertemperatur – auch rückwirkend zur Bewertung kritischer Jahre hinsichtlich der Überschreitung fischverträglicher Wassertemperaturen dienen.</p>
Schwächen	<p>Es handelt sich um einen Überblicksindikator, der den zeitlichen Verlauf der potenziellen thermischen Belastungssituation für bestimmte bayerische Fließgewässer darstellt und hilft, Jahre mit einer erhöhten Temperaturbelastung leichter zu identifizieren.</p> <p>Die Werte für Temperatur und Temperaturerhöhung mit Zuordnung der Fischgemeinschaften zu den Gewässertypen der Oberflächengewässerverordnung (OGewV 2016) hinsichtlich der physikalisch-chemischen Qualitätskomponente „Wassertemperatur“ stellen Anforderungen für das Erreichen des guten ökologischen Zustands und des guten ökologischen Potenzials dar.</p>

	<p>Im Allgemeinen wird angenommen, dass eine Überschreitung der Anforderungen zu Stress bei den einzelnen Individuen führen und sie hinsichtlich ihrer Entwicklung, ihrer Reproduktion oder ihres Wander- und Laichverhaltens beeinträchtigen kann. Mit zunehmender Höhe, Dauer und Häufigkeit von Überschreitungen können weitere Auswirkungen stattfinden, im Extremfall bis hin zu Fischsterben oder gar Artverlusten in bestimmten Gewässerbereichen.</p> <p>Die Sensitivität der Fischfauna hängt auch von den Arten, deren aktuellen Lebensstadien oder weiteren Faktoren wie der Gewässerchemie ab. Um solch komplexe Randbedingungen einfließen zu lassen, bedürfte es einer sehr detaillierten Datengrundlage, die praktisch nie flächendeckend und über einen längeren Zeitraum in ausreichender Auflösung vorhanden sein kann. Zudem müssten die ökologischen Ansprüche der einzelnen Arten in Zusammenspiel mit der jeweils vorherrschenden Gesamtsituation genauestens bekannt sein. Aus diesem Grund muss bei Verwendung dieses Indikators klar sein, dass derart vertiefende Aussagen nicht möglich sind.</p> <p>Aufgrund der fischfaunistischen Individualität der Fließgewässer musste beispielsweise für die Bewertung des fischökologischen Zustands gemäß WRRL auf die klassische Einteilung in verschiedene Fischregionen bzw. in Fischgemeinschaften verzichtet werden. Stattdessen basiert die fischökologische Zustandsbewertung auf gewässerindividuell erstellten Fisch-Referenzzönosen. Die in der OGewV vorgenommene Zuordnung der Fischgemeinschaften zu den LAWA-Gewässertypen zeigt bereits das daraus resultierende hohe Maß an Abstraktion und Streuung. Aufgrund einer begrenzten Anzahl von Messstellen mit hinreichend langen Messreihen, hier Messungen ab 2004, können derzeit lediglich für zwei dieser Fischgemeinschaften Auswertungen vorgenommen werden (wegen unzureichender Datengrundlage können derzeit noch nicht einmal salmonidengeprägte Fischgemeinschaften berücksichtigt werden). Die momentan verwendeten 16 Epipotamal- und 8 Cyprinidenrhithal-Messstellen sind als nicht repräsentativ anzusehen und reichen für die Darstellung von Überschreitungen fischverträglicher Wassertemperaturen als Folge klimatischer Veränderungen bei Weitem nicht aus. Daraus wird klar, dass der Indikator zur Zeit nur einen sehr groben Anhaltspunkt darstellen kann.</p> <p>Für eine genaue Interpretation von Temperaturüberschreitungen innerhalb der definierten Gewässerabschnitte ist zudem die Kenntnis der Lage der Messstellen von Bedeutung (siehe Abb. 3: Übersichtskarte zur Lage der Wassertemperatur-Messstellen). Weiterhin sind verschiedene weitere Einflussfaktoren auf Wassertemperaturen wirksam, wie z. B. Abflussverhältnisse, oder solche anthropogener Art wie Wärmeeinleitungen oder Stauhaltungen von Relevanz.</p>
Referenzen auf andere Indikatoren-systeme	Keine
In der BayKLAS beschriebene Klimawandelfolgen	Des Weiteren beeinflussen Temperatur und Wasserverhältnisse neben der Artenzusammensetzung auch die Reproduktion, das Wander- und das Laichverhalten beziehungsweise die Entwicklung von Tieren und Pflanzen. [...] Hohe Temperaturen erhöhen zudem den Stoffwechsel und den Energieverbrauch, so dass der Nahrungsbedarf zunimmt. (S. 55)
Zielbezüge, Maßnahmen	<p>Reduzierung der Belastungen durch Wärmeeinleitungen z. B. Neubau von Kühlanlagen, Aufstellen von Wärmelastplänen (GO_02)</p> <p>Milderung der Auswirkungen hoher sommerlicher Temperaturen durch naturnahe Uferbepflanzung und Verbesserung der Gewässerstruktur (GÖ_05)</p> <p>Betreiben von Gewässerwarndiensten mit entsprechenden Meldestufen für Gewässerqualität und -ökologie z. B. Alarmplan staugeregelter Main (GÖ_09)</p>
Berichtspflichten	Keine

## 4 Technische Informationen

Datenquelle	Indikator I und II	Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU): Wassertemperatur-Messstellen
Räumliche Auflösung	Indikator I und II	NUTS 1
Geografische Abdeckung	Indikator I und II	Ganz Bayern
Zeitliche Auflösung	Indikator I und II	Ab 2004, jährlich
Beschränkungen, Datenkosten	keine	
Aufwand	Ca. 4 Stunden für die Datenfortschreibung	

## 5 Darstellung

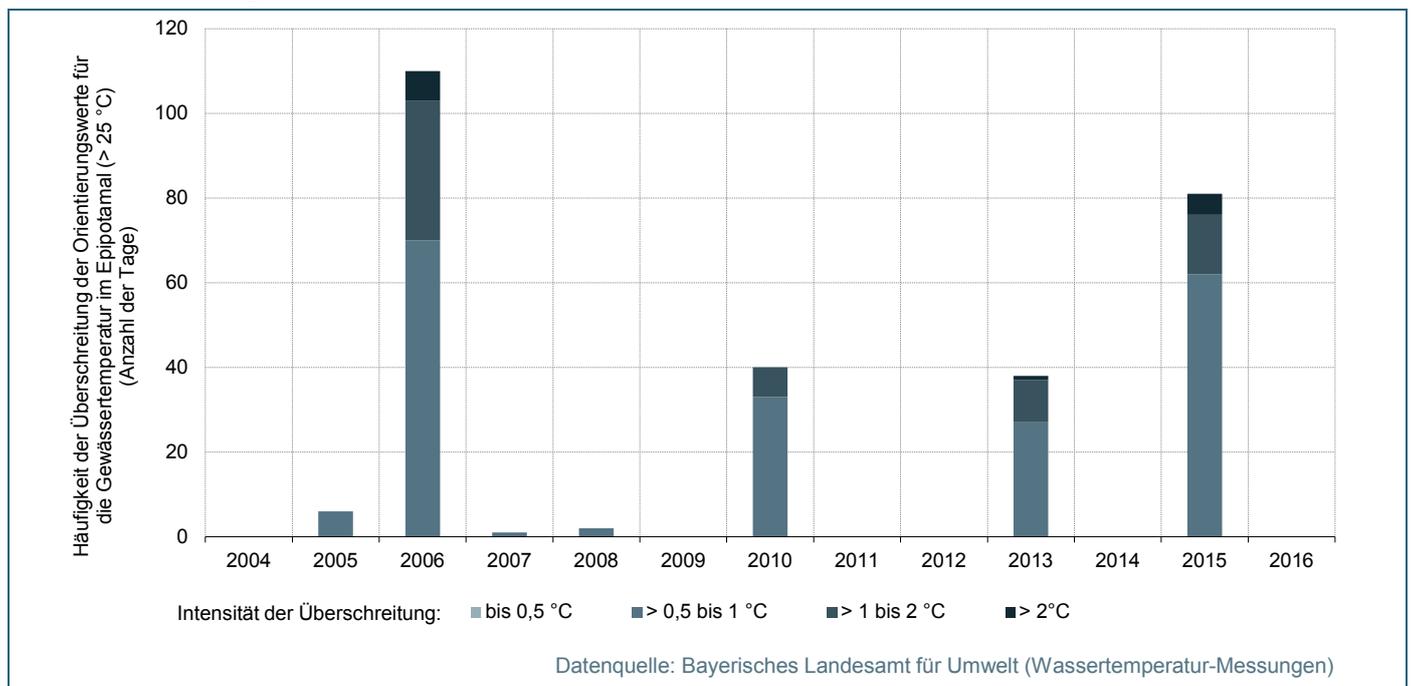


Abb. 1: Indikator I – Überschreitung fischverträglicher Wassertemperaturen im Epipotamal

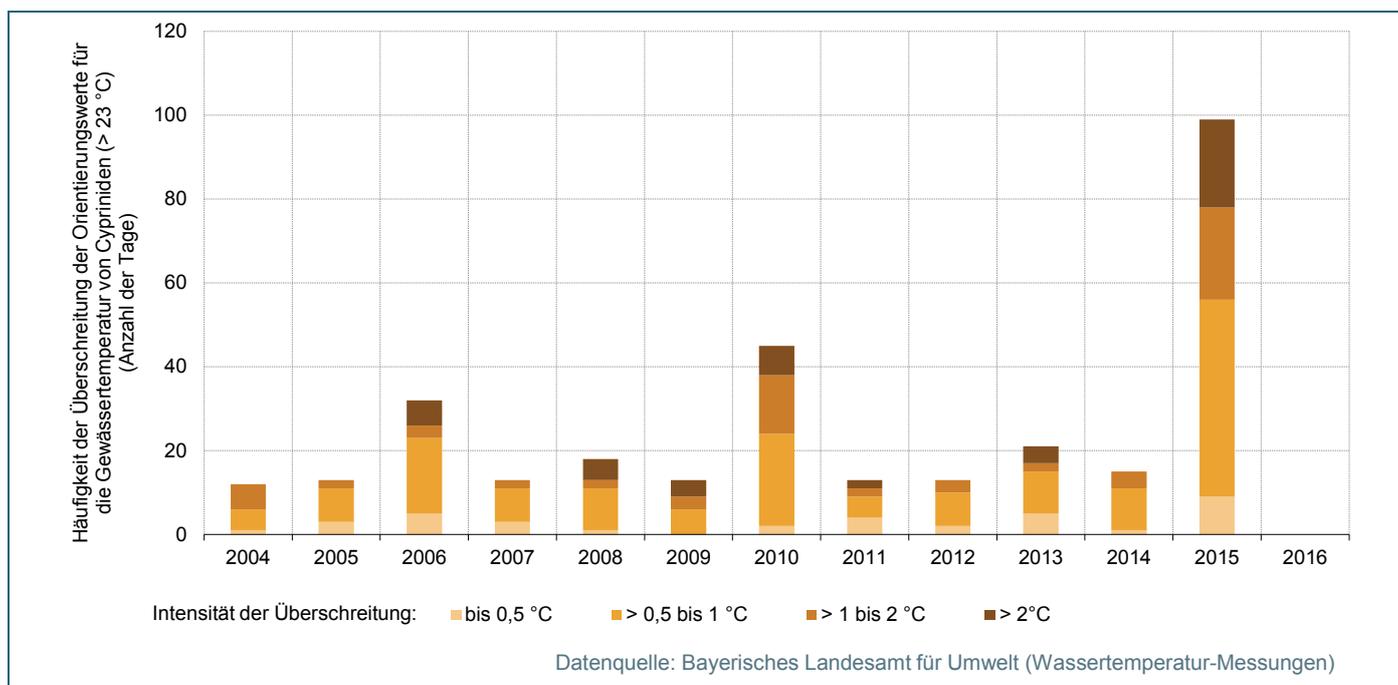


Abb. 2: Indikator II – Überschreitung fischverträglicher Wassertemperaturen in cyprinidengeprägten Gewässern des Rhithrals

## 6 Glossar

### Epipotamal (EP)

Das Potamal beschreibt den Mittel- und Unterlauf eines Fließgewässers und wird in Epi-, Meta- und Hypopotamal eingeteilt. Dem Epipotamal, also dem oberen Abschnitt des Mittellaufs, entspricht die klassische Barbenregion.

### Cyprinidengeprägte Gewässer des Rhithrals (Cyp-R)

Unterer Abschnitt von Fließgewässeroberläufen, der neben Fischarten des Rhithrals auch einen bestimmten Vorkommensanteil von typischen Fischen des Potamals aufweist.

### Salmoniden

Forellenartige, kälteliebende Fischarten

## 7 Weiterführende Literatur

- Institut für Binnenfischerei e.V. (Hrsg.) 2008: Temperatur- und Sauerstofftoleranz ausgewählter Wanderfischarten der Elbe. Potsdam, 43 S.
- LfU – Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.) 2016: Niedrigwasser in Bayern. Grundlagen, Veränderung und Auswirkungen. Augsburg, 244 S.
- OGewV (2016): Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer.
- Reinartz R. 2007: Auswirkung der Gewässererwärmung auf die Physiologie und Ökologie der Süßwasserfische Bayerns. Literaturstudie im Auftrag des Bayerisches Landesamtes für Umwelt Referat 57/Gewässerökologie. Büro für Fischereifragen und Gewässerökologie, unveröffentlichter Bericht.
- StMUV – Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (Hrsg.) 2016: Bayerische Klima-Anpassungsstrategie. München, 218 S.

## 8 Anhang – Methodische Beschreibung

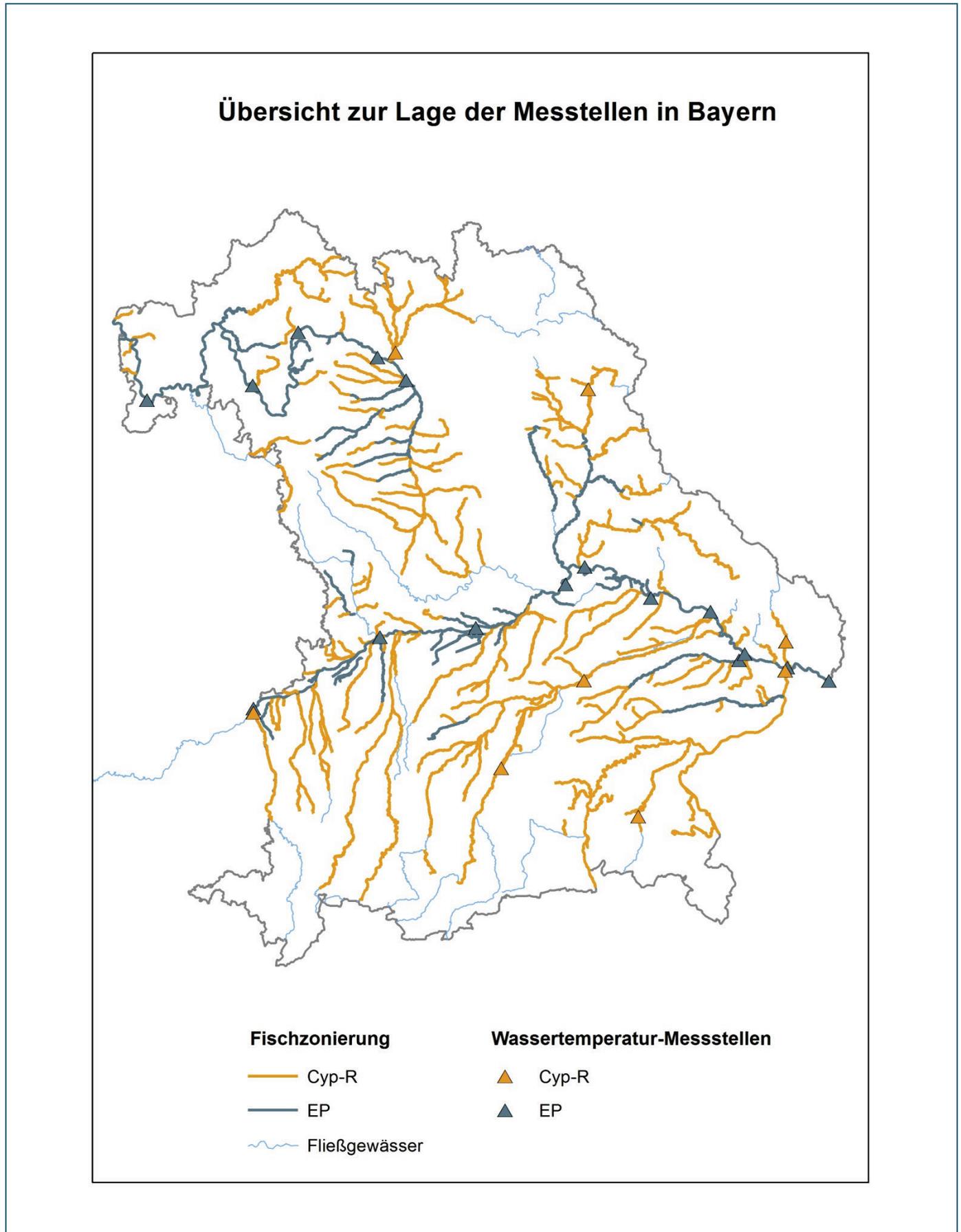


Abb. 3: Übersichtskarte zur Lage der Wassertemperatur-Messtellen



Indikatoren-Kennblatt zum Klimafolgenmonitoring

## R-WW-1 Hochwasserschutzmaßnahmen

### 1 Basisinformationen

Verfasser	Bosch & Partner GmbH: Mareike Buth
Zuständigkeit	Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), Ref. 61 Hochwasserschutz und alpine Naturgefahren: Andreas Gorbauch
Letzte Aktualisierung	06.04.2017
Nächste Fortschreibung	Bei der Einführung des Indikators sollte geprüft werden, ob die von der EU, dem Bund und den Gemeinden verausgabten Mittel für den Hochwasserschutz in Bayern in den Indikator integriert werden sollten. Eine Aufnahme der Finanzmittel der Gemeinden ist nur dann zu empfehlen, wenn die damit verbundene zusätzliche geschützte Fläche ebenfalls beziffert werden kann.

### 2 Einordnung und Berechnung

Handlungsfeld	Wasserwirtschaft	
Kategorie	Response	
Indikationsfeld	Anpassung der wasserwirtschaftlichen Infrastruktur (BayKLAS-Themen: Niedrigwasser NW, Hochwasser HW, Gewässerökologie GÖ)	
Thematischer Teilaspekt	Verbesserung des technischen Hochwasserschutzes	
Kurzbeschreibung des Indikators (Einheit)	Teil A	Verausgabte Haushaltsmittel des Landes für den Hochwasserschutz (inkl. des GAK-Anteils des Landes) (Millionen Euro, Mio. €)
	Teil B	Durch technischen Hochwasserschutz vor Hochwasser geschützte bebaute Fläche an Gewässern I. und II. Ordnung (Hektar, ha)
	Teil C	Durch technischen Hochwasserschutz vor Hochwasser und Muren geschützte bebaute Fläche an Wildbächen (Hektar, ha)
Berechnungsvorschrift	Teile A – C	Direkte Übernahme der Daten
Verständnis des Indikatorwerts	Teile A – C	Je höher der Indikatorwert, desto mehr Haushaltsmittel wurden für Hochwasserschutz verausgabt bzw. desto mehr bebaute Fläche wurde durch technischen Hochwasserschutz geschützt.

### 3 Begründung und Interpretation

Begründung	<p>Der Klimawandel verschärft die vielerorts bestehende Hochwassersituation weiter. Das Projekt KLIWA (Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft) – ein Kooperationsvorhaben der Länder Baden-Württemberg, Bayern und Rheinland-Pfalz sowie des Deutschen Wetterdienstes – ergab, dass aufgrund der zunehmenden Lufttemperatur vor allem im Winter, veränderter Schneedeckenregimes und Niederschlagsmuster sowie einer regional deutlichen Zunahme an Starkniederschlägen von einer Verschlimmerung der Hochwassersituation auszugehen ist. Winterhochwasser haben in den vergangenen 30 Jahren bereits in Häufigkeit und Stärke zugenommen (KLIWA 2002).</p> <p>Im Jahr 2001 hat die bayerische Landesregierung das „Hochwasserschutz-Aktionsprogramm 2020“ (AP2020) ins Leben gerufen, das nach dem Junihochwasser 2013 zum „Hochwasserschutz-Aktionsprogramm 2020plus“ (AP2020plus) fortgeschrieben wurde. Im Rahmen des AP2020 wurden rund 1,8 Mrd. Euro in den technischen Hochwasserschutz, natürlichen Rückhalt und Hochwasservorsorge investiert. Es war die erste integrale bayernweite Hochwasserschutzstrategie. Das weiterentwickelte AP2020plus rückt stärker noch einen ganzheitlichen Risikomanagement-Ansatz in den Mittelpunkt. Mit einem Gesamtvolumen von rund 3,4 Mrd. Euro ist es das bisher größte wasserbauliche Infrastrukturprogramm Bayerns. (BayStMUV 2014)</p> <p>Beide Aktionsprogramme enthalten konkrete Zielvorgaben, deren Umsetzung im Rahmen von Leistungsbilanzen dokumentiert wird. Für diese ist das Landesamt für Umwelt (bis 2005 das Landesamt für Wasserwirtschaft) verantwortlich. Es wird davon ausgegangen, dass zu künftigen Hochwasserschutzprogrammen in gleicher oder ähnlicher Art berichtet wird, sodass der Indikator fortgeschrieben werden kann.</p> <p>Der hier verwendete Indikator beschreibt den finanziellen Aufwand, mit dem das Land Bayern Hochwasserschutz betreibt, sowie die durch umgesetzte technische Hochwasserschutzmaßnahmen erzielten Verbesserungen. Es wurde entschieden, den Nutzen der Maßnahmen über die zusätzlich geschützte bebaute Fläche und nicht über die Anzahl zusätzlich geschützter Einwohner darzustellen, da die Zahl der geschützten Einwohner letztlich auch aufgrund der natürlichen Bevölkerungsentwicklung und Migration beeinflusst wird. Zudem umfasst die bebaute Fläche auch Industriestandorte etc., in denen es keine Wohnbevölkerung gibt.</p> <p>Die in den Leistungsbilanzen genannten technischen Daten zu umgesetzten Projekten (u. a. Länge errichteter Flutmulden, Größe neuer Hochwasserrückhaltebecken und Volumen neu geschaffenen Retentionsraums) sind weniger intuitiv zu verstehen als die geschützte Fläche. Auch müssten alle Arten von Maßnahmen dargestellt werden, um ein umfassendes Bild über die erarbeiteten Ergebnisse darzustellen. Sie wurden daher nicht in den Indikator integriert.</p>
Schwächen	<p>Der Umfang der verausgabten Haushaltsmittel gibt keine Auskunft darüber, welche Maßnahmen finanziert werden und ob diese tatsächlich einer Anpassung an den Klimawandel dienen oder ob ihr Ziel „nur“ eine Erhaltung des Status quo bzw. bestehender Anlagen ist. Es ist aber davon auszugehen, dass alle Maßnahmen, die ab dem Jahr 2004 geplant worden sind, einen Klimaänderungsfaktor entsprechend der Ministerialschreiben des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Gesundheit vom 29.11.2004 und 11.11.2009 (54c-U4429.0-2009/4-2) berücksichtigen.</p> <p>Das Land ist zudem nicht einziger Träger des Hochwasserschutzes. Hochwasserschutzmaßnahmen anderer Akteure (etwa Unternehmen oder Bürger) oder die Haushaltsmittel des Bundes und der EU sind in diesem Indikator nicht enthalten. Die tatsächlichen Kosten des technischen Hochwasserschutzes sind folglich höher als hier dargestellt.</p> <p>Die zusätzlich geschützte bebaute Fläche wird jeweils für zwei- bis dreijährige Bilanzierungszeiträume angegeben und für den Indikator kongruent auf die Jahre des Bilanzierungszeitraums verteilt. Innerhalb der Bilanzierungszeiträume sind daher mögliche Unterschiede zwischen den Jahren nicht zu erkennen.</p> <p>Der Indikator gibt keinen Aufschluss darüber, wie viel bebaute Fläche im Ganzen bereits vor Hochwasser geschützt ist, bzw. wie viel bebaute Fläche in Hochwasserrisikogebieten liegt. Die Größenordnung der zusätzlich geschützten Fläche ist daher schwer zu interpretieren. Auch kann angenommen werden, dass die zusätzlich geschützte Fläche langfristig abnimmt,</p>

	<p>wenn die besonders effektiven Maßnahmen (die bei wenig Aufwand viel Fläche schützen) umgesetzt sind. Zurückgehende Werte dürfen daher nicht negativ bewertet werden.</p> <p>Viel verausgabte Haushaltsmittel sind nicht gleichzusetzen mit viel zusätzlich geschützter Fläche im gleichen Jahr. Vielmehr ist anzunehmen, dass im Rahmen von Hochwasserschutzprogrammen zunächst solche Maßnahmen umgesetzt werden, die bei wenig Aufwand viel Nutzen bringen. Auch dauern Planung und Bau technischer Hochwasserschutzmaßnahmen z. T. mehrere Jahre. Die zusätzlich geschützte Fläche wird in diesem Fall dem Jahr zugeschrieben, in dem der Bau fertiggestellt wird. Dadurch sind auch die z. T. sprunghaften Anstiege bei den zusätzlich geschützten Flächen zu erklären.</p>
Referenzen auf andere Indikatoren-systeme	Klimafolgenmonitoring Baden-Württemberg: R-WH-2 Investitionen in den Hochwasserschutz
In der BayKLAS beschriebene Klimafolgen	<p>Zudem erhöht eine Zunahme der Intensität und Häufigkeit konvektiver Starkniederschläge insbesondere im Sommer die räumlich begrenzte Überflutungs- bzw. Hochwassergefahr von Straßen und Grundstücken auch unabhängig von der Lage am Gewässer (→ Städtebau). Besonders an kleineren Gewässern und Wildbächen können Starkregenereignisse vermehrt zur Überlastung des Gewässers führen. Aus einer Zunahme von Starkregenereignissen können auch Auswirkungen auf die morphologischen Prozesse in den Fließgewässern resultieren. Eine verstärkte Sohlerosion mit vielfältigen Folgen (z. B. Grundwasserabsenkung, Gefährdung von Brückenbauwerken etc.) kann die Konsequenz sein (→ Boden, → Bauwesen). Mit steigenden Temperaturen im Winter nimmt der Anteil von Schnee am Gesamtniederschlag ab, wodurch sich die Wasserspeicherung in Form von Schnee zeitlich reduziert. Der Niederschlag kommt somit vermehrt zum unmittelbaren Abfluss und die Gefahr von winterlichem Hochwasser nimmt zu. Besonders im Alpenraum ist mit einem häufigeren Auftreten von Extremen wie Starkniederschlägen und den entsprechenden Folgen (Hochwasser, Murgang etc.) zu rechnen. (S. 37f)</p>
Zielbezüge, Maßnahmen	<p>Planung und Umsetzung von Maßnahmen zur Wasserrückhaltung in der Fläche (HW_04)</p> <p>Erstellen und Umsetzen von Rückhaltekonzepten an Gewässern unter Berücksichtigung des Klimaänderungsfaktors (HW_07)</p> <p>Optimierte Steuerung und optimierter Betrieb sowie Sanierung von Hochwasserschutzanlagen (HW_08)</p> <p>Umsetzung der Konzepte für den technischen Hochwasserschutz unter Berücksichtigung des Klimaänderungsfaktors bei der Bemessung (HW_09)</p> <p>Weitere – vor allem planerische und konzeptionelle – Anpassungsmaßnahmen finden sich in der BayKLAS auf den Seiten 44ff.</p>
Berichtspflichten	Leistungsbilanzen zum Aktionsprogramm 2020 bzw. 2020plus

#### 4 Technische Informationen

Datenquelle	Teile A – C	Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU): Leistungsbilanzen zum Hochwasseraktionsprogramm 2020
Räumliche Auflösung	Teile A – C	NUTS 1
Geografische Abdeckung	Teile A – C	Ganz Bayern
Zeitliche Auflösung	Teil A	Ab 1999, jährlich
	Teile B, C	Ab 2001, jährlich
Beschränkungen,	Keine	

Datenkosten	
Aufwand	Ca. 2 Std. für die Datenfortschreibung

## 5 Darstellung

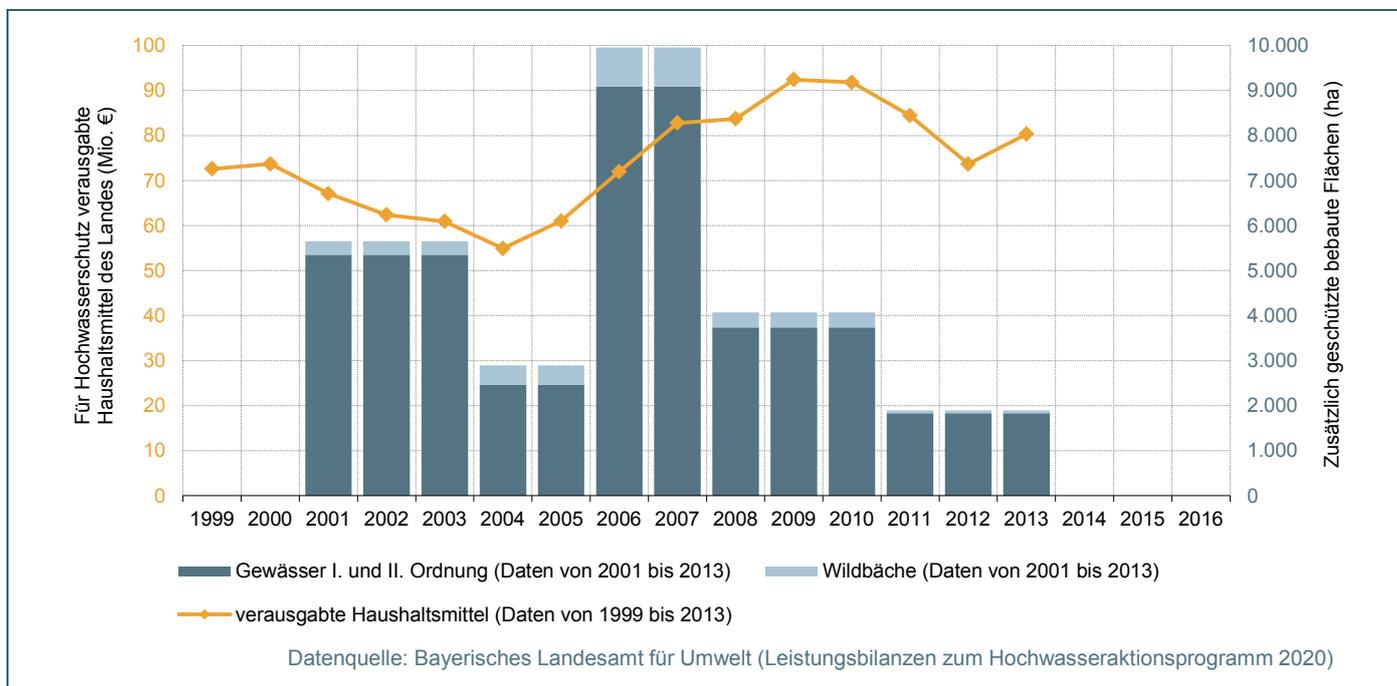


Abb. 1: Hochwasserschutz

## 6 Glossar

### GAK

Im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe Agrarstruktur & Küstenschutz (GAK) ist einwendungszweck der Schutz ländlicher Räume vor Hochwasser. Förderfähig sind der Neubau und die Verstärkung von Hochwasserschutzanlagen, die Rückverlegung und der Rückbau von Deichen sowie die Wildbachverbauung.

### Gewässer I. Ordnung

GEW I sind Gewässer, die wasserwirtschaftlich, insbesondere wegen ihrer Wasser-, Geschiebe-, Schwebstoff- oder Eisführung oder wegen ihrer Nutzbarkeit von größter Bedeutung sind. Auch größere Seen können in diese Kategorie fallen - GEW I sind in Anlage 1 zum BayWG aufgelistet. Für GEW I (mit Ausnahme der Bundeswasserstraßen) liegt die Verpflichtung zum Ausbau und zur Unterhaltung im Allgemeinen beim Freistaat Bayern.

### Gewässer II. Ordnung

GEW II sind mittelgroße Gewässer, die nicht zur ersten Ordnung gehören, jedoch im Hinblick auf oben genannte Eigenschaften wasserwirtschaftlich von größerer Bedeutung sind - sie sind in Anlage 1 der Bekanntmachung aufgelistet. Für GEW II liegt die Verpflichtung zum Ausbau und zur Unterhaltung im Allgemeinen beim Freistaat Bayern.

### Gewässer III. Ordnung

GEW III sind alle anderen zumeist kleinen Gewässer und Bäche. Für GEW III liegt die Verpflichtung zum Ausbau und zur Unterhaltung im Allgemeinen bei den Gemeinden und im Einzelfall bei Wasser- und Bodenverbänden (bzw. im gemeindefreien Gebiet bei den Eigentümern).

### Hochwasser

Gemäß DIN 4049 ist Hochwasser der „Zustand in einem oberirdischen Gewässer, bei dem der Wasserstand oder der Durchfluss einen bestimmten Wert (Schwellenwert) erreicht oder überschritten hat“. In der Regel haben die

Schwellenwerte Bedeutung im Hinblick auf das bei einem Hochwasser anhaftende Schadenspotenzial. Dieses wird bestimmt durch a) Scheitelhöhe, Dauer und Abflussvolumen, b) Topographie und Nutzung sowie c) die Jahreszeit, in der das Ereignis eintritt (Normenausschuss Wasserwesen (NAW) im DIN (1994): DIN 4049-3, Hydrologie Teil 3: Begriffe der quantitativen Hydrologie).

Gem. Art. 2 der Richtlinie 2000/60/EG gilt folgende Begriffsbestimmungen: „Hochwasser“: zeitlich beschränkte Überflutung von Land, das normalerweise nicht mit Wasser bedeckt ist. Diese umfasst Überflutungen durch Flüsse, Gebirgsbäche, zeitweise ausgesetzte Wasserströme im Mittelmeerraum sowie durch in Küstengebiete eindringendes Meerwasser; Überflutungen aus Abwassersystemen können ausgenommen werden.

### **Wildbäche**

Dabei handelt es sich um diejenigen GEW III – ggf. auch nur einzelne Streckenabschnitte – die wildbachtypische Eigenschaften (großes Gefälle, rasch und stark wechselnder Abfluss, zeitweise hohe Feststoffführung) aufweisen. Wildbachstrecken sind in einem eigenen Verzeichnis (Anlage 2 zur Bekanntmachung) eingetragen. Abweichend von der Festlegung der Zuständigkeiten bei GEW III ist bei Wildbächen der Freistaat Bayern zum Ausbau verpflichtet, soweit es das Wohl der Allgemeinheit erfordert und die Finanzierung gesichert ist. Für die ausgebauten Wildbachstrecken liegt auch die Unterhaltungslast im Allgemeinen beim Freistaat Bayern. Ausnahmen siehe oben "Unterhaltungsverpflichtungen Dritter". Für die nicht ausgebauten Strecken sind dagegen im Allgemeinen die Gemeinden (vgl. GEW III) zuständig.

## **7 Weiterführende Literatur**

- Arbeitskreis KLIWA (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Bayerisches Landesamt für Umwelt, Deutscher Wetterdienst) (Hrsg.) 2002: Langzeitverhalten der Hochwasserabflüsse in Baden-Württemberg und Bayern. KLIWA-Projekt A 2.1.3: „Analyse zum Langzeitverhalten der Hochwasserabflüsse“. KLIWA-Berichte H. 2, Mannheim, 98 S.
- Arbeitskreis KLIWA (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Bayerisches Landesamt für Umwelt, Deutscher Wetterdienst) (Hrsg.) 2006: KLIWA-Projekt A 1.1.3 Langzeitverhalten der Starkniederschläge in Baden-Württemberg und Bayern „Trenduntersuchungen extremer Niederschlagsereignisse in Baden-Württemberg und Bayern“, KLIWA-Berichte H. 8, Offenbach, 93 S.
- BayStMUV – Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (Hrsg.) 2014: Hochwasserschutz Aktionsprogramm 2020plus, München, 56 S.
- BayStMUV (Hrsg.) 2016: Bayerische Klima-Anpassungsstrategie. München, 218 S.
- LfU – Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.) 2008: Leben mit dem Fluss. Hochwasser im Spiegel der Zeit, Augsburg, 101 S.
- LfU (Hrsg.) 2016: Entstehung von Hochwasser: [www.lfu.bayern.de/wasser/hw\\_entstehung/index.htm](http://www.lfu.bayern.de/wasser/hw_entstehung/index.htm)



Anlage 2-04 zur Machbarkeitsstudie „Indikatoren für Klimafolgen und Klimaanpassung in Bayern“

Indikatoren-Kennblatt zum Klimafolgenmonitoring

## I-LW-2 Verschiebung agrarphänologischer Phasen

### 1 Basisinformationen

Verfasser	Bosch & Partner GmbH: Konstanze Schönthaler, Stefan v. Andrian-Werburg, Mareike Buth
Zuständigkeit	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz: Dr. Annette Freibauer
Letzte Aktualisierung	23.03.2017
Nächste Fortschreibung	

### 2 Einordnung und Berechnung

Handlungsfeld	Landwirtschaft	
Kategorie	Impact	
Indikationsfeld	Agrarphänologie (BayKLAS-Themen: Pflanzen- und Weinbau, Tierhaltung)	
Thematischer Teilaspekt	Verschiebung agrophänologischer Phasen bei Kulturpflanzen	
Kurzbeschreibung des Indikators (Einheit)	Teil A	Mittlerer Zeitpunkt des Blühbeginns von Winterraps (Tag im Jahr)
	Teil B	Mittlerer Zeitpunkt des Blühbeginns von Apfel (Tag im Jahr)
Berechnungsvorschrift	Teil A	1. Schritt: Mittlerer Zeitpunkt des Blühbeginns von Winterraps = Summe aller Tage im Jahr, an denen an den einzelnen Stationen der Blühbeginn des Winterrapses (= Pflanzen ID: 205, Phasen ID: 5, Historische Phasenkennung 144) gemeldet wird / Anzahl der im jeweiligen Jahr berücksichtigten Stationen  2. Schritt: 30 jähriges Mittel des Blühbeginns von Winterraps = Summe aller mittleren Zeitpunkte des Blühbeginns von Winterraps $t_{0-30}$ / 30
	Teil B	Direkte Übernahme der Daten aus dem Umweltindikatorensystem Bayern
Verständnis des Indikatorwerts	Teile A, B	Je höher der Indikatorwert, desto später im Jahr tritt die jeweilige phänologische Phase ein.

### 3 Begründung und Interpretation

Begründung	<p>Die landwirtschaftliche Nutzung ist wie kaum eine andere Nutzung in die natürlichen jahreszeitlichen Rhythmen eingebunden. Die Landwirte müssen mit der Planung und Durchführung ihrer Bearbeitungsgänge in den jeweiligen Kulturen auf die jährlich wechselnden Witterungsbedingungen und die jeweils aktuellen Wetterverhältnisse reagieren. Veränderungen können dabei sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf die Kulturen haben. Höhere Wärmesummen fördern das Pflanzenwachstum, wenn gleichzeitig eine ausreichende Wasserversorgung gesichert ist. Allerdings können zu hohe Temperatursummen oder Trockenheit auch dazu führen, dass bestimmte Wachstums- und Entwicklungsphasen landwirtschaftlicher Kulturen wie z. B. die Kornfüllungsphase beim Getreide zu schnell durchlaufen werden und es infolgedessen durch eine zu frühe Abreife zu Ertragseinbußen kommt. Von einer Verlängerung der Vegetationsperiode profitieren insbesondere das Grünland und mehrjährige Kulturen, die auch nach Erreichen der Reifephase weiter wachsen können. (vgl. DAS-Indikator-Factsheet LW-I-1)</p> <p>Die Veränderung natürlicher jahreszeitlicher Rhythmen und die damit verbundenen zeitlichen Verschiebungen in der Entwicklung von Pflanzen lassen sich über die Beobachtung des Eintretens definierter phänologischer Phasen erfassen. In das phänologische Beobachtungsnetz des DWD sind sowohl Kultur- als auch Wildpflanzen eingebunden. (vgl. DAS-Indikator-Factsheet LW-I-1)</p> <p>Der Zusammenhang zwischen der Klimaveränderung und der Verschiebung phänologischer Phasen wird in der Literatur inzwischen umfangreich diskutiert und beschrieben (u. a. LfU 2014). Die Veränderung der phänologischen Phasen gilt dabei als einer der besten Bioindikatoren für Veränderungen des Klimas, speziell der Temperatur. Ein besonders starker Zusammenhang zwischen Temperatur(-summe) und dem Eintrittszeitpunkt einer phänologischen Phase besteht im Falle der Frühjahrs- und Sommerphasen. Das bedeutet zugleich, dass sich entsprechende phänologische Änderungen in dieser Zeit primär auf klimatische Änderungen zurückführen lassen und andere relevante Einflüsse wie beispielsweise erhöhte atmosphärische CO<sub>2</sub>-Konzentration ausgeschlossen werden können (MENZEL 2006, vgl. DAS-Indikator-Factsheet LW-I-1)</p> <p>Zur wirkungsseitigen Beschreibung phänologischer Auswirkungen des Klimawandels (Impact) lassen sich innerhalb der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen nur wenige Zeigerpflanzen nutzen, da das Eintreten der phänologischen Phasen wie Bestellung, Reife und Ernte in den meisten Fällen stark von den landwirtschaftlichen Bewirtschaftungspraktiken abhängt (z. B. Einfluss der Vorkultur und des Erntezeitpunkts derselben, Aussaatzeitpunkte, im landwirtschaftlichen Betrieb eingesetzte Erntetechnik, angestrebte Weiterverarbeitung, Sortenverwendung).</p> <p>Die in <u>Teil A</u> des Indikators abgebildete Blüte des Winterrapses reflektiert die Witterungsentwicklungen vergleichsweise unmittelbar, da bewirtschaftungsbedingte Einflüsse für den Zeitpunkt der Blüte eine nur untergeordnete Rolle spielen (die Aussaat des Winterrapses erfolgt im Vorjahr, so dass davon ausgegangen werden kann, dass die Blüte relativ unabhängig von landwirtschaftlichen Bewirtschaftungseinflüssen im Folgejahr hauptsächlich von der Witterung beeinflusst ist). Außerdem ist der Winterraps eine bundesweit verbreitete landwirtschaftliche Kultur. Die Rapsblüte ist dabei eine sehr gut sichtbare phänologische Phase, die auch von der Bevölkerung gut wahrgenommen werden kann. Mit der Blüte von Winterraps nutzt man einen Frühjahrsindikator, dessen Entwicklung überwiegend von der Entwicklung der Temperatursumme im jeweiligen Jahr abhängig ist und der daher als Impact-Indikator fungieren dann. (vgl. DAS-Indikator-Factsheet LW-I-1)</p> <p>Im <u>Teil B</u> des Indikators wird zusätzlich der Zeitpunkt der Apfelblüte abgebildet. Er markiert den Beginn des phänologischen Vollfrühlings und kann zuverlässig und standardisiert erfasst werden. Er ist u. a. auch Indikationsgegenstand im Indikatorensystem der Länderinitiative Kernindikatoren (LIKI) und im Indikatorensystem zur Nationalen Biodiversitätsstrategie (NBS) und vor allem Indikator des Umweltindikatorensystems Bayern, das u. a. Grundlage für die Erstellung des Umweltberichts Bayern ist. Eine durch Klimaveränderungen zeitlich vorge-</p>
------------	---

	<p>schobene Blüte beim Apfel kann zu einer erhöhten Spätfrostgefährdung der Kulturen führen. Die Landwirte reagieren hier bereits vielerorts mit Frostschutzberegnung.</p> <p>Beide Indikator-Teile stehen stellvertretend für die Beschreibung der sich verändernden natürlichen jahreszeitlichen Rhythmen. Unmittelbare Rückschlüsse auf das Ertragspotenzial der Fruchtarten im jeweiligen Jahr sind nicht möglich.</p> <p>Der Indikator errechnet sich basierend auf Daten des phänologischen Beobachtungsnetzes. Für Teil B erfolgt eine unmittelbare Übernahme der Daten aus dem Umweltindikatorensystem Bayern.</p>
Schwächen	<p>Das Meldeprogramm und das Netz der phänologischen Beobachtungsstationen sind über die Jahre nicht stabil. Grundsätzlich wird darauf geachtet, dass die räumliche Repräsentanz der Stationen in jedem Jahr gegeben ist. Dies kann aber trotz der großen Anzahl der Beobachtungsstandorte nicht immer garantiert werden. Dies liegt auch darin begründet, dass das Meldernetzwerk hauptsächlich von ehrenamtlichen Helfern aufrechterhalten wird und nicht von jeder Station das komplette Beobachtungsprogramm gemeldet werden kann. Für die Indikatorberechnung bedeutet dies, dass das Kollektiv jährlich wechselt. Für den Winterraps gab es in den 1950er Jahren unter hundert Beobachtungsstellen, in den 1980er und 1990er Jahren zwischen 200 und 300. Danach gingen die Beobachtungsstellen stetig auf 119 im Jahr 2016 zurück.</p>
Referenzen auf andere Indikatoren-systeme	<p>Klimafolgenmonitoring des Bundes: LW-I-1 Verschiebung agrarphänologischer Phasen Länderinitiative Kernindikatoren (LIKI): A1 Klimawandel und Vegetationsentwicklung Umweltindikatoren Bayern: Klimawandel und Vegetationsentwicklung (Beginn der Apfelblüte in Bayern seit 1985)</p> <p>Klimafolgenmonitoring Baden-Württemberg: I-LW-1 Blüte von Winterraps Klimafolgenmonitoring Hessen: Beginn der Apfelblüte, Reifentwicklung der Weinreben Klimafolgenmonitoring Nordrhein-Westfalen: 16 Beginn der Apfelblüte, 17 Aussaat und Auflaufen von Mais und Winterweizen Klimafolgenmonitoring Sachsen: I-Ü4 Veränderung beim Blühbeginn des Apfels Klimafolgenmonitoring Thüringen: I-LW-2 Blüte des Winterraps Indikatoren-system zu Klimaentwicklung und Klimawandelfolgen der Europäischen Umweltagentur: CLIM 031 Agrophenology</p>
In der BayKLAS beschriebene Klimawandel-folgen	<p>Im Pflanzenbau ist durch die verlängerte Vegetationsperiode bei einzelnen Pflanzen, bei denen die Vegetationszeit bisher begrenzend wirkte (z. B. Mais), mit etwas höheren Erträgen sowie einer Ausweitung der Anbaugelände zu rechnen, soweit Spätfrostgefährdung und Wasserversorgung dies ermöglichen. (S. 52)</p> <p>Im Futterbau und der Grünlandbewirtschaftung ist durch den früheren Vegetationsbeginn eine Anpassung der Beweidung erforderlich. (S. 52)</p> <p>Andererseits bleibt das Spätfrostisiko zum Beispiel auch im Obstbau zukünftig eine potenzielle Gefahr durch den frühzeitigen Vegetationsbeginn. (S. 52)</p> <p>Verursacht durch den Klimawandel lässt sich bereits heute eine Verlängerung der Vegetationsperiode in Bayern feststellen. Dazu gehören Beobachtungen wie ein frühzeitiger Beginn der Blüte und des Blattaustriebs von Pflanzen sowie eine später einsetzende Laubfärbung. (S. 79)</p>
Zielbezüge, Maßnahmen	<p>Anbau frostharter und frühreifer Sorten sowie Entwicklung von Frostschadensprävention in Sonderkulturen (PW_18)</p>
Berichtspflichten	<p>Derzeit keine</p>

## 4 Technische Informationen

Datenquelle	Teile A, B	Deutscher Wetterdienst (DWD): Phänologisches Beobachtungsnetz des DWD
Räumliche Auflösung	Teile A, B	NUTS 1
Geografische Abdeckung	Teile A, B	Ganz Bayern
Zeitliche Auflösung	Teile A, B	Ab 1961, jährlich
Beschränkungen, Datenkosten	Keine	
Aufwand	Ca. 4 Std. für die Datenfortschreibung	

## 5 Darstellung

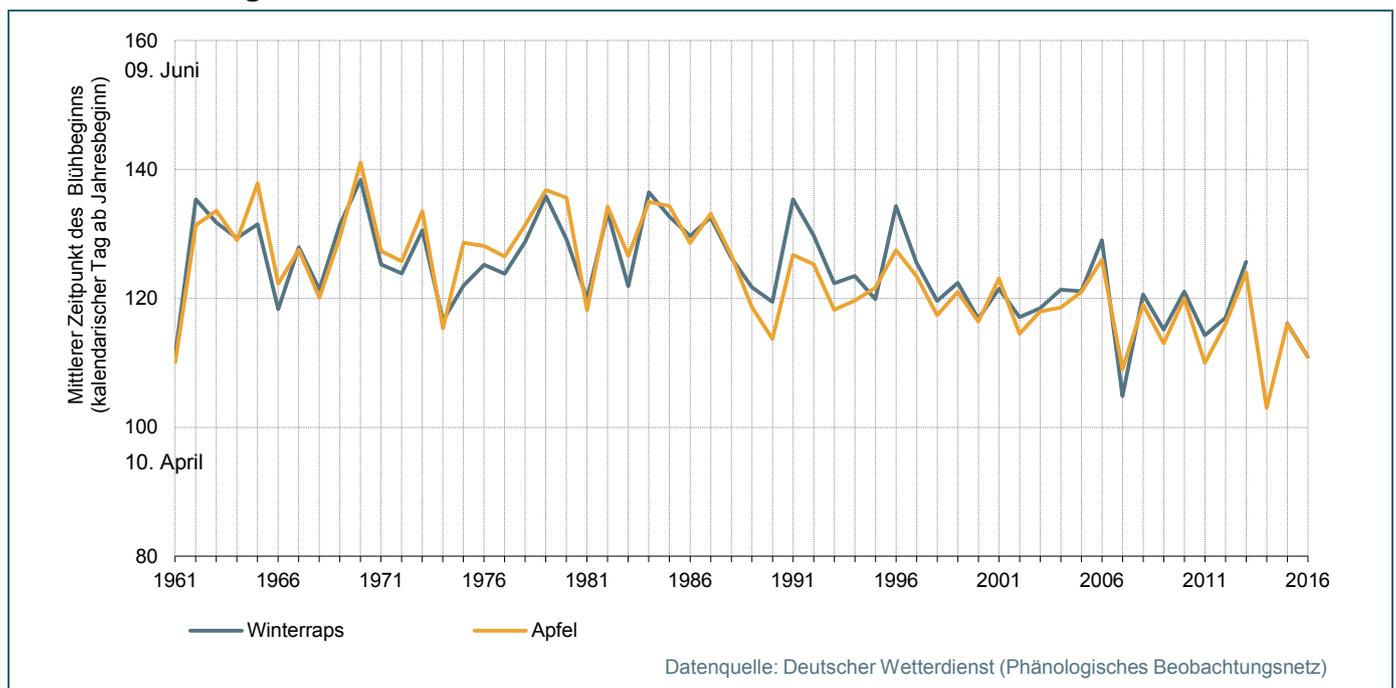


Abb. 1: Verschiebung agrarphänologischer Phasen

## 6 Glossar

### Phänologie

Das Wort Phänologie ist dem Griechischen entlehnt und bedeutet Lehre von den Erscheinungen. In der modernen Biologie und Ökologie erfasst die Phänologie den jahreszeitlichen Entwicklungsgang von Pflanzen und Tieren, der neben endogenen Faktoren durch exogene Faktoren – insbesondere durch den Witterungsverlauf während des Jahres – gesteuert wird (DWD 2013).

### Phänologische Phase

In der Phänologie unterscheidet man verschiedene phänologische Phasen, deren Beginn durch das Eintreten bestimmter Ereignisse in der Entwicklung ausgewählter Arten angezeigt wird. Eine solche phänologische Phase ist z.

B. der Beginn der Blüte einer bestimmten Pflanzenart. Zur Bestimmung der phänologischen Phasen werden weitverbreitete Wild- und Nutzpflanzen in ihrem Entwicklungsgang im Verlauf des Jahres beobachtet. Der Beginn einer phänologischen Phase wird in einem größeren Gebiet an möglichst vielen Orten und Individuen beobachtet. Im Ergebnis kann der über das Gebiet gemittelte Eintrittstag im jeweiligen Kalenderjahr berechnet werden (DWD 2013).

### Phänologische Leitphase

Der Beginn der phänologischen Jahreszeiten wird durch den Eintritt phänologischer Leitphasen bestimmt (DWD 2013). Grundsätzlich stehen für die Festlegung einer phänologischen Leitphase verschiedene phänologische Phasen zur Auswahl. So kann bspw. der Beginn des Erstfrühlings durch den Beginn der Blüte der Forsythie (*Forsythia suspensa*), den Beginn der Blüte des Buschwindröschens (*Anemone nemorosa*) oder den Beginn der Blattentfaltung der Stachelbeere (*Ribes uvacrispa*) angezeigt werden.

## 7 Weiterführende Literatur

- Informationen des Bayerischen Landesamts für Umwelt zu Klimabeobachtung – Phänologie: [www.lfu.bayern.de/klima/klimabeobachtung/beobachtung\\_bayern/phaenologie/index.htm](http://www.lfu.bayern.de/klima/klimabeobachtung/beobachtung_bayern/phaenologie/index.htm)
- Informationen des DWD zur Phänologie in der Landwirtschaft im Deutscher Klimaatlas: [www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas\\_node.html](http://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas_node.html) => Landwirtschaft => Beginn der Vollblüte Winterraps
- DAS-Indikator-Factsheet FW-R-1 Mischbestände: [www.umweltbundesamt.de/fw-r-1-das-indikator](http://www.umweltbundesamt.de/fw-r-1-das-indikator)
- DWD – Deutscher Wetterdienst (Ed.) 2013: Nationaler Klimareport 2016 Phänologie. Online Wetterlexikon des Deutschen Wetterdienstes. Offenbach am Main, 44 S. [www.dwd.de/DE/leistungen/nationalerklimateport/download\\_report\\_2016.pdf?blob=publicationFile&v=4](http://www.dwd.de/DE/leistungen/nationalerklimateport/download_report_2016.pdf?blob=publicationFile&v=4)
- LfU – Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.) 2014: Beeinflusst der Klimawandel die Jahreszeiten in Bayern – Antworten der Phänologie. UmweltSpezial, Augsburg, 35 S.
- LWF – Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft 2007: Der gemischte Wald – Fit für die Zukunft. LWF Wissen 58, Freising, 64 S.
- Menzel A., Sparks T. H., Estrella N., Koch E., Aasa A., Ahas R., Alm-Kübler K., Bissolli P., Braslavská O., Briede A., Chmielewski F. M., Crepinsek Z., Curnel Y., Dahl Å., Defila C., Donnelly A., Filella I., Jatczak K., Måge F., Mestre A., Nordli Ø., Peñuela J., Pirinen P., Remišová V., Scheinfinger H., Stríž M., Susnik A., Van Vliet A. J. H., Wiegolaski F.-E., Zach S., Zust A. 2006: Europe-an phenological response to climate change matches the warming pattern. *Global Change Biology* 12: 1969-1976.
- StMUV – Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (Hrsg.) 2016: Bayerische Klimaanpassungsstrategie. München, 218 S.

## 8 Anhang – Methodische Beschreibung

Mögliche Regionalisierungen des Indikators wurden erprobt:

- für die sieben Regierungsbezirke Bayern bzw. deren Zusammenfassung in Nordbayern (Mittelfranken, Oberfranken, Oberpfalz, Unterfranken) und Südbayern (Schwaben, Oberbayern, Niederbayern);
- für die zwölf Boden-Klima-Räume (BKR) mit Flächenanteil in Bayern. Die Gliederung der BKR ist auf landwirtschaftliche Fragestellungen (u. a. zum Pflanzenschutz und zum Sortenversuchswesen) zugeschnitten und wurde im Konsens zwischen den Anstalten für Landwirtschaft bzw. den Landwirtschaftskammern der Bundesländer und der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft entwickelt. Neben der Berücksichtigung von Boden (Bodengüte) und Witterung (Temperatur und Niederschlag) sind die Grenzen der Boden-Klima-Räume auf die Gemeindegrenzen zugeschnitten, um eine eindeutige Zuordenbarkeit der landwirtschaftlichen Betriebe zu den Boden-Klima-Räumen sicherzustellen.

Beide Regionalisierungsversuche kamen zum Ergebnis, dass sich die untersuchten Räume nur geringfügig unterscheiden.

### 8.1 Regionalisierung in Nord- und Südbayern

Bei der Differenzierung in Nord- und Südbayern haben sich die Werte nach Differenzen bis in die 1970er Jahre in den zurückliegenden vier Dekaden sehr stark einander angenähert (s. Abb. 2). Die Ursachen für diese Entwicklung sind unklar. Ein Grund könnte in der Verlagerung von Beobachtungstellen liegen. So war deren Anzahl in den 1950er und 1980er Jahren zwischen Nord- und Südbayern noch stärker ausgeglichen, während in den Dekaden danach die Beobachtungstellen in Nordbayern zahlenmäßig etwas stärker überwogen. Es kann aber auch eine Verlagerung innerhalb der beiden Regionen stattgefunden haben, die zu einer Annäherung der Werte geführt hat. Dies ließe sich allerdings nur mittels einer detaillierten Messstellenanalyse aufklären.

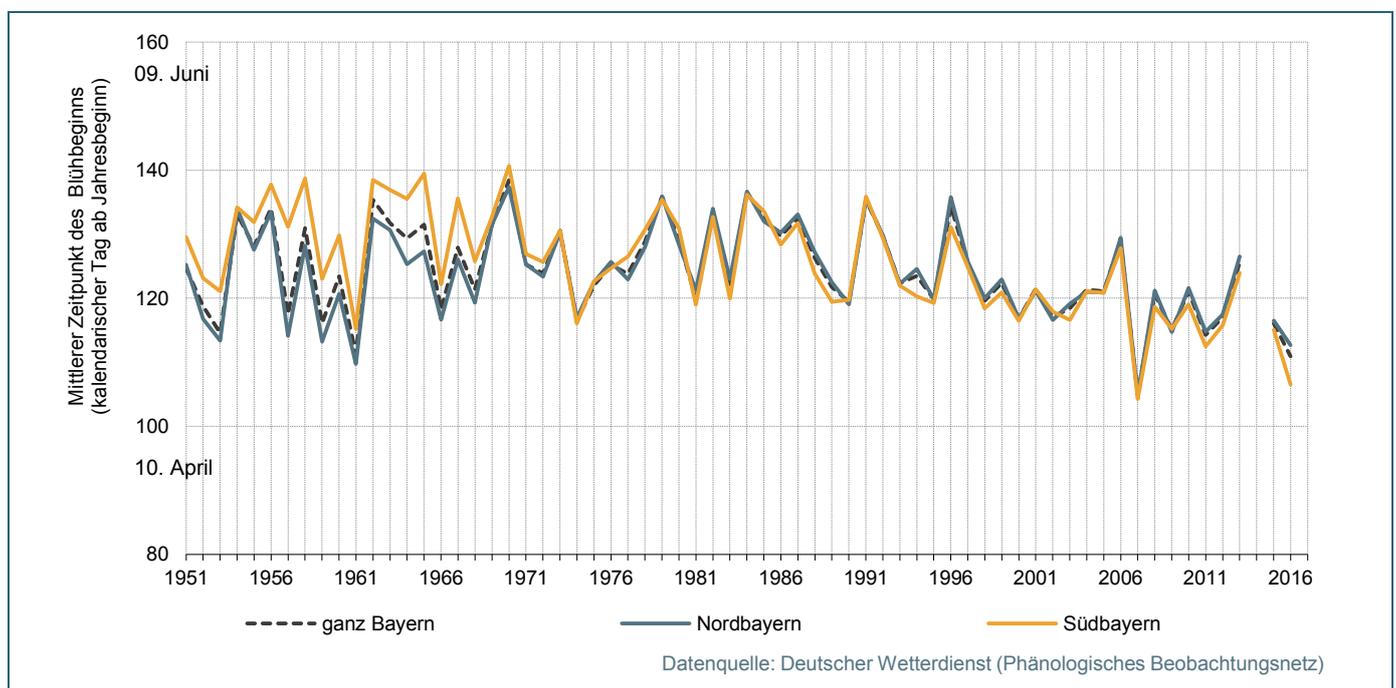


Abb. 2: Blüte von Winterraps differenziert für Nord- und Südbayern

### 8.2 Regionalisierung nach Boden-Klima-Räume

Die Raumgliederung nach den Boden-Klima-Räumen (BKR) ist auf landwirtschaftliche Fragestellungen (u. a. zum Pflanzenschutz und zum Sortenversuchswesen) zugeschnitten und wurde im Konsens zwischen den Anstalten für Landwirtschaft bzw. den Landwirtschaftskammern der Bundesländer und der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft entwickelt. Neben der Berücksichtigung von Boden (Bodengüte) und Witterung (Temperatur und Niederschlag) sind die Grenzen der Boden-Klima-Räume auf die Gemeindegrenzen zugeschnitten, um eine eindeutige Zuordenbarkeit der landwirtschaftlichen Betriebe zu den Boden-Klima-Räumen sicherzustellen.

Die BKR sind im Geoportal des Julius-Kühn-Instituts (Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen) veröffentlicht: <http://geoportal.jki.bund.de/map?app=bodenklimaraum>. Die Methodik der Entstehung der Karte ist in Roßberg et al. 2007 erläutert. Abb. 3 zeigt die BKR, die in Bayern liegen, bzw. an denen Bayern Flächenanteile hat.

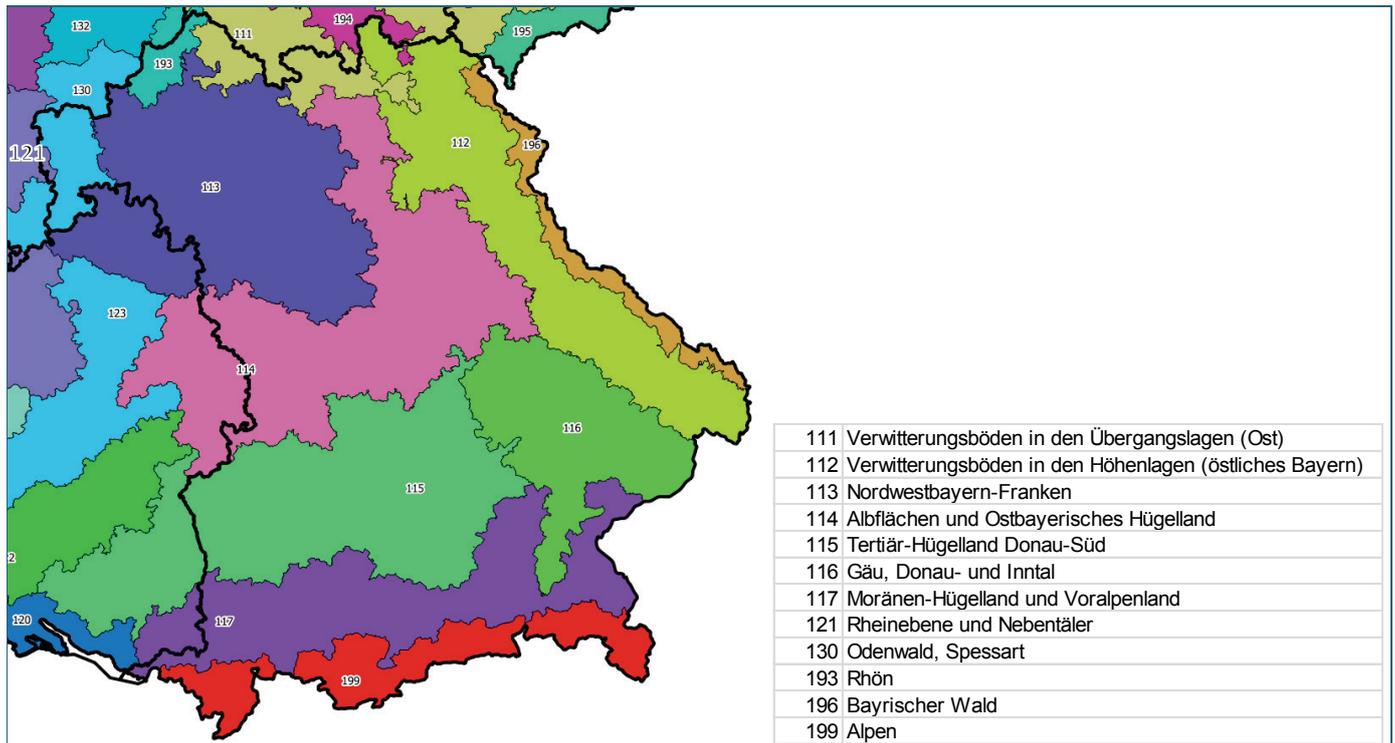


Abb. 3: Boden-Klima-Räumen in Bayern

Die BKR haben sehr unterschiedliche Flächenanteile in Bayern. Vor allem die weit im Norden liegenden BKR sind nur mit sehr kleinen Flächenanteilen vertreten (s. Abb. 7) und für Bayern damit nur wenig repräsentativ. In ihren bayerischen Anteilen liegen jeweils auch nur sehr wenige Beobachtungsstellen für den Winterraps. Die Verteilung der Beobachtungsstellen auf die großflächigen BKR in Bayern (BKR 112 bis 116) hat sich vom Beobachtungszeitraum 1951-1960 bis zum Zeitraum 2010-2016 in der Tendenz stärker ausgeglichen (s. Abb. 4). Das Moränen-Hügelland und Voralpenland (BKR 117) ist nach wie vor nur mit wenigen Messstellen vertreten, was aber auch darin begründet ist, dass dort in vergleichsweise wenig Winterraps angebaut wird. Die veränderte räumliche Verteilung der Beobachtungsstellen kann Auswirkungen auf die Ausprägung der Zeitreihen für die jeweiligen BKR haben.

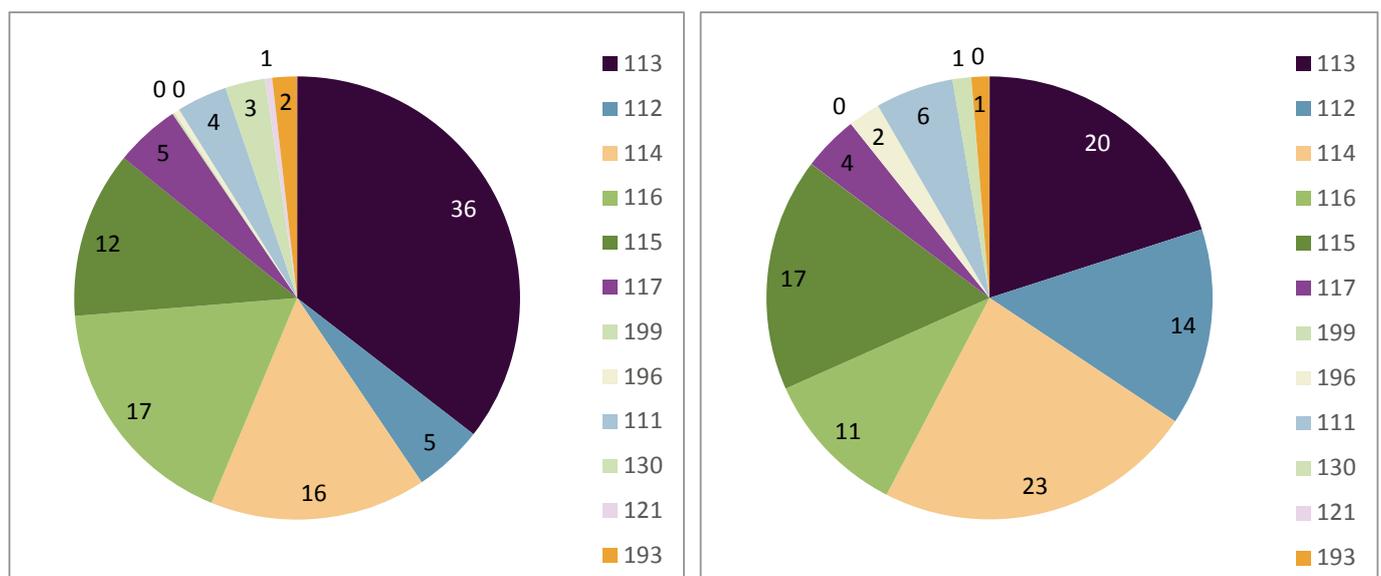


Abb. 4: Durchschnittliche Anzahl der Beobachtungsstellen pro BKR (links 1951-1960, rechts 2010-2016)

Die Differenzierung der Daten für die zwölf BKR zeigt beim Verlauf der Zeitreihen insgesamt ein nur wenig prägnantes Bild. Die Zeitreihen für die Alpen und den Bayerischen Wald sind nur lückig (s. Abb. 6). Die Daten für die kleinen BKR-Anteile im Norden (s. Abb. 7) nur wenig repräsentativ für Bayern.

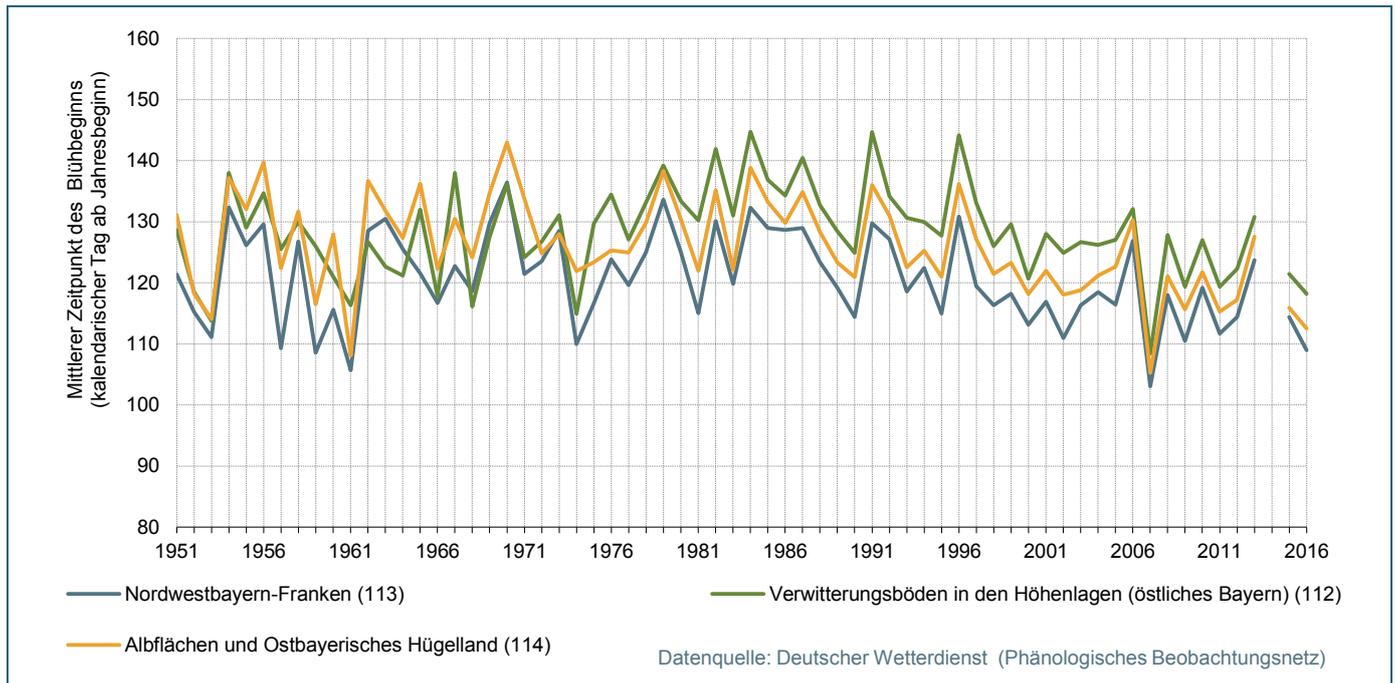


Abb. 5: Blüte von Winterraps in den nördlichen BKR

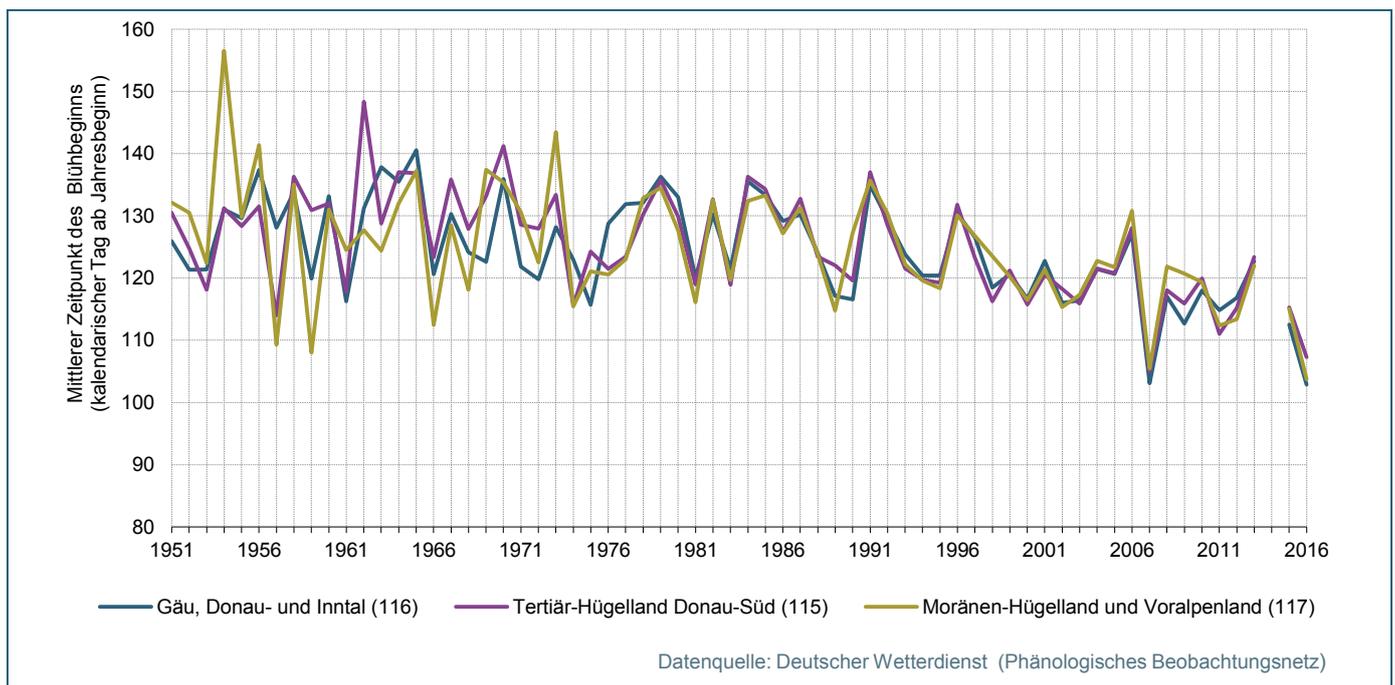


Abb. 6: Blüte von Winterraps in den südlichen BKR

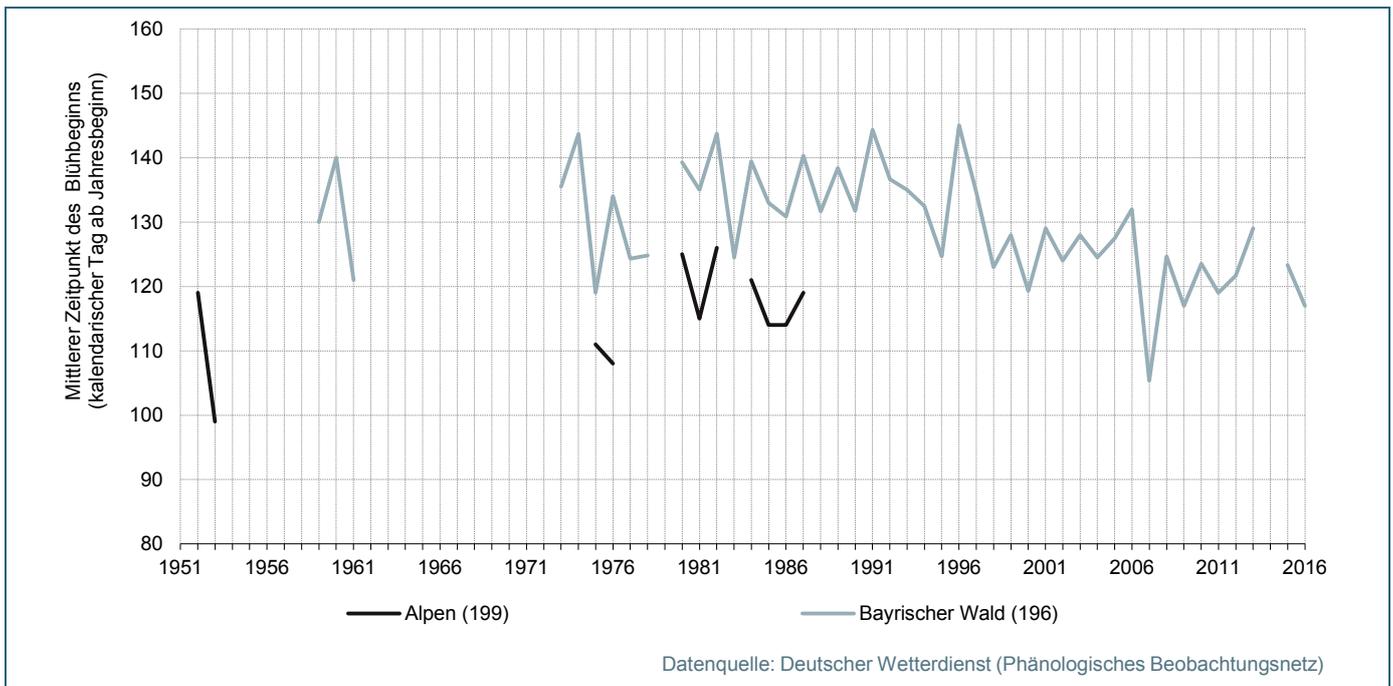


Abb. 7: Blüte von Winterraps in den Alpen und im Bayerischen Wald

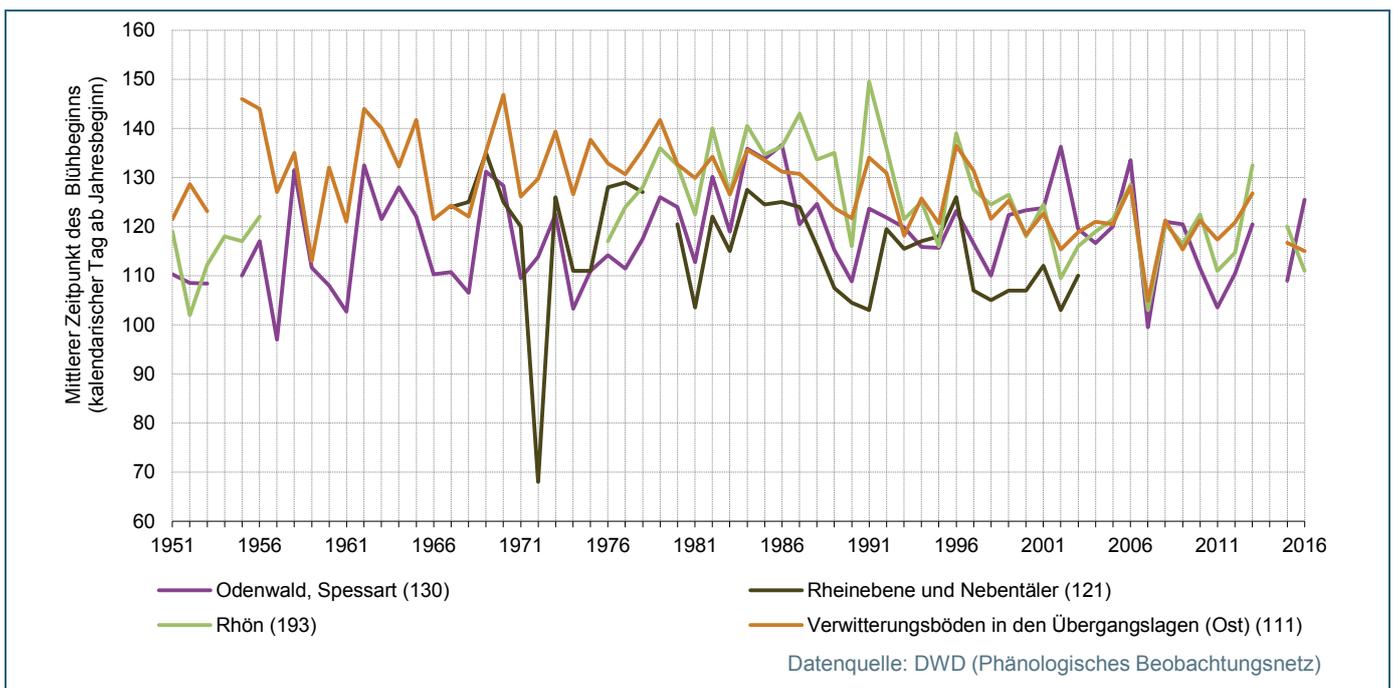


Abb. 8: Blüte von Winterraps in den kleinen nördlichen BKR

Stellt man wie in Abb. 8 mit dem großen nördlich gelegenen BKR Nordwestbayern-Franken den südlichen BKR Moränen-Hügelland und Voralpenland gegenüber, so sind die Abweichungen zumindest ab den 1980er-Jahren ebenfalls nur gering. Eine räumliche Differenzierung der Darstellung des Indikators erscheint vor diesem Hintergrund nicht erforderlich, sodass dem Beispiel des bayerischen Umweltindicators zur Apfelblüte folgend ein gesamt-bayerischer Wert als die sinnvollste Darstellungsvariante zu betrachten ist.

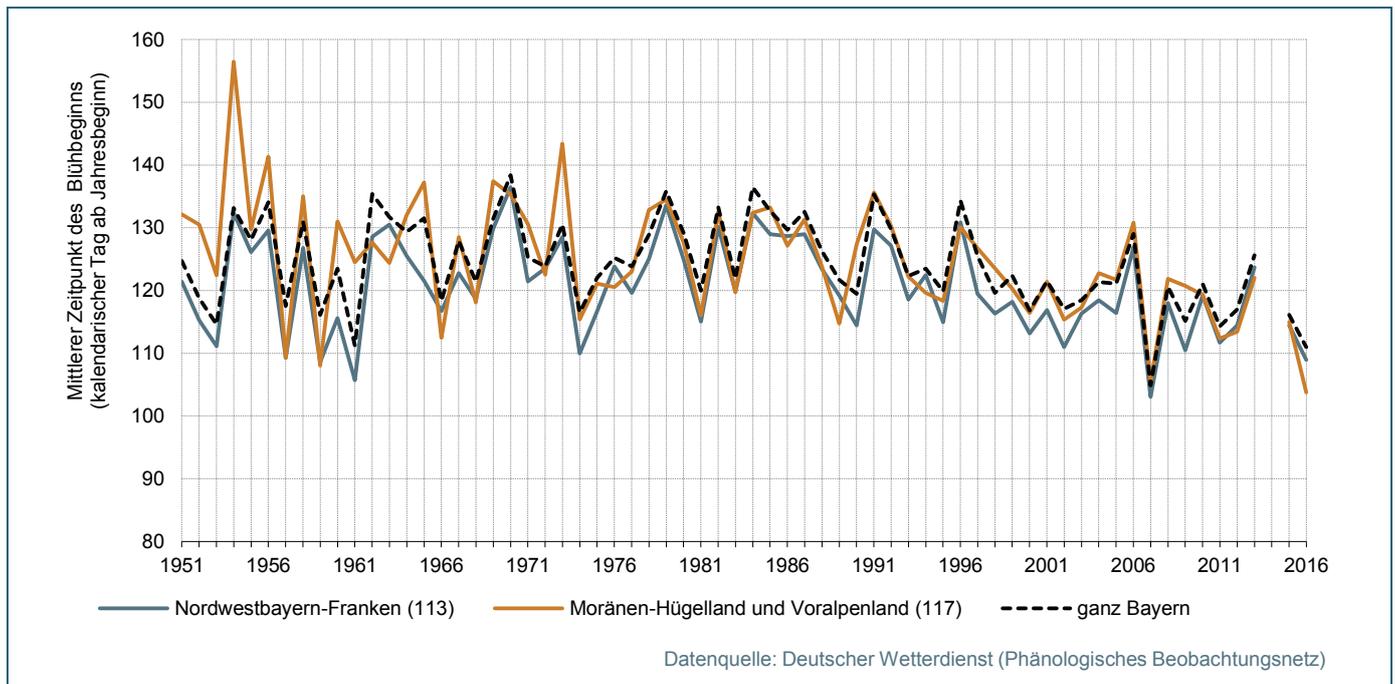


Abb. 9: Blüte von Winterraps in einem nördlichen (113) und südlichen (117) BKR



Anlage 2-05 zur Machbarkeitsstudie „Indikatoren für Klimafolgen und Klimaanpassung in Bayern“

Indikatoren-Kennblatt zum Klimafolgenmonitoring

## R-LW-1 Anbau wärmeliebender Sorten

### 1 Basisinformationen

Verfasser	Bosch & Partner GmbH: Konstanze Schönthaler und Mareike Buth
Zuständigkeit	Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG), Sachgebiet Weinbau- und Qualitätsmanagement, Dr. Daniel Heßdörfer
Letzte Aktualisierung	22.03.2017
Nächste Fortschreibung	

### 2 Einordnung und Berechnung

Handlungsfeld	Landwirtschaft	
Kategorie	Response	
Indikationsfeld	Anpassung der Anbausysteme im Pflanzenbau (BayKLAS-Thema: Pflanzen- und Weinbau PW)	
Thematischer Teilaspekt	Auswahl geeigneter Sorten	
Kurzbeschreibung des Indikators (Einheit)	Teil A	Entwicklung der mit Keltertrauben bestockten Rebfläche, differenziert nach den Rebsorten Merlot und Cabernet Sauvignon für die Weinbaugebiete in Bayern (Franken, Bayerischer Bodensee, Untergebiet Donau (Landweingebiet)) (Hektar, ha)
	Teil B	Mittlerer Huglin-Index für das Weinbaugebiet Franken (Gradtage)
	Zusatz zu Teil B	Abweichung des mittleren Huglin-Index vom Mittel der Jahre 1961-1990 für das Weinbaugebiet Franken (Prozent, %)
Berechnungsvorschrift	Teil A	Mit Merlot bestockte Rebfläche: direkte Übernahme der Daten Mit Cabernet Sauvignon bestockte Rebfläche: direkte Übernahme der Daten
	Teil B	Mittlerer Huglin-Index = Mittelwert alle Huglin-Indices der Stationen Bamberg, Kitzingen, Rothenburg ob der Tauber und Würzburg Huglin-Index = $K * [\text{für Zeitraum 1.4. bis 30.9. Summe aller (Tagesmittelwerte + Tageshöchstwerte)} / 2 - 10]$ Für jede Station: $K = 1,02 + (\text{geogr. Breite} - 40) * 0,004$
	Zusatz zu Teil B	Abweichung des mittleren Huglin-Index vom Mittel der Jahre 1961-1990 = $\text{Huglin-Index des Jahres 1948} * 100 / \text{Mittlerer Huglin-Index der Jahre 1961-1990}$

		Analog für alle anderen Jahre
Verständnis des Indikatorwerts	Teil A	Je höher der Indikatorwert, desto mehr Rebfläche ist mit mediterranen, besonders wärmeliebenden Rebsorten bestockt.
	Teil B und Zusatz	Je höher der Indikatorwert, desto höher ist der Huglin-Index, d. h. die Wärmesumme zwischen April und September, und desto besser ist die Anbaueignung für wärmeliebende Rebsorten.

### 3 Begründung und Interpretation

Begründung	<p>Die Landwirtschaft ist von Wetter, Witterung und Klima unmittelbar abhängig. Wie empfindlich sie gegenüber Veränderungen des Klimas reagiert, ist eine Frage der Ausgangsbedingungen und der angebauten Sorten. Regionen, die heute für bestimmte Formen landwirtschaftlicher Nutzung eher zu kühl bzw. zu feucht sind, könnten von einer allmählichen Erwärmung und der längeren Vegetationsperiode profitieren. In jetzt bereits wärmeren bzw. trockenen Regionen könnte sich der Klimawandel hingegen kritischer auswirken, wenn Hitze- oder Trockenstress zu groß werden. (vgl. DAS-Indikator-Factsheet LW-R-3)</p> <p>Die Sortenwahl ist für Landwirte ein geeignetes Mittel, um sich an sich verändernde Rahmenbedingungen anzupassen. Bevorzugt werden dabei diejenigen Sorten gewählt, die unter den absehbaren Bedingungen hohe und qualitativ hochwertige sowie sichere Erträge und gute Vermarktungsmöglichkeiten versprechen. Es spielen also verschiedene Faktoren eine Rolle, die der Landwirt in seiner Entscheidung gegeneinander abwägt. Die Witterung ist nur einer davon. Mitunter erfolgt die Sortenwahl auch sehr spontan, primär gesteuert durch Erfahrungen der Landwirte aus der letzten Anbauperiode oder durch sich aktuell abzeichnende Marktchancen. (vgl. DAS-Indikator-Factsheet LW-R-3)</p> <p>Der Klimawandel wird Auswirkungen auf die Anbaueignung von Kulturpflanzenarten und deren Sorten haben. Infolge dessen werden Landwirte künftig andere Sorten anbauen, sofern diese gleichzeitig auch günstige Leistungsmerkmale und gute Vermarktungsbedingungen bieten. Im Weinbau ist z. B. der Merlot hinzugekommen, der seit den 1980er-Jahren international an Bedeutung gewonnen hat und durch die veränderten Klimabedingungen inzwischen auch in Bayern angebaut werden kann (SCHWAB &amp; KNOTT 2012: 24).</p> <p>Die Weinrebe stammt ursprünglich aus südlichen Gefilden. Daher profitieren Reben von vermehrter Sonneneinstrahlung und höheren Wärmesummen. Aufgrund seiner hohen Wärmebedürftigkeit und kulturhistorischer Gegebenheiten findet Weinbau derzeit in Deutschland innerhalb eng begrenzter Anbauggebiete statt. Diese vergleichsweise starke geographische Eingrenzung macht den Wein zu einer Kultur, die auf kurz- und längerfristigen Veränderungen der klimatischen Ausgangsbedingungen besonders sensibel reagiert. Zudem setzt die Pflanzung von Reben längerfristige Produktionsentscheidungen voraus. Allerdings ist der Weinbau auch sehr stark von anderen marktbestimmenden Faktoren beeinflusst und Traditionen spielen eine außerordentlich bedeutsame Rolle bei Anbauentscheidungen. (vgl. DAS-Indikator-Factsheet LW-R-3)</p> <p>Vom Klimawandel profitieren besonders die Rotweinsorten, bei denen die Wärme deutliche Änderungen der Inhaltsstoffzusammensetzung bewirkt. Ein Anbau qualitativ hochwertiger Rotweine stößt daher zunehmend auf Interesse bei den Landwirten, auch weil bisher ca. 80 % des in Deutschland konsumierten Rotweins importiert werden muss (SCHWAB &amp; KNOTT o.J.: 2). Die Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau hat daher Anbauversuche mit verschiedenen Rotwein-Rebsorten durchgeführt, u. a. mit Syrah, Cabernet Sauvignon und Merlot. Die Ergebnisse für Cabernet Sauvignon und Merlot sind vielversprechend. Vor allem als Cuvéepartner können beide Trauben gemeinsam gute Rotweine hervorbringen (vgl. SCHWAB &amp; KNOTT 2012: 25, LWG o.J.a und LWG o.J.b).</p> <p><u>Teil A – Entwicklung der mit Keltertrauben bestockten Rebfläche:</u></p> <p>Der Klimawandel ermöglicht den Anbau neuer Rebsorten. Insbesondere für die wärmeliebenden Rotweinsorten können mit den Klimaveränderungen die Anbaubedingungen besser werden (u. a. MAAß &amp; SCHWAB 2011). Auf die fruchtbetonten Weißweine hingegen wirken sich zu hohe Temperaturen und veränderte Lichtqualität eher negativ aus, manche Rebsorten könn-</p>
------------	---

	<p>ten sogar verschwinden. Am Beispiel ausgewählter besonders wärmeliebender Rebsorten bildet der Indikator-Teil A die Entwicklung der mit diesen Sorten bestockten Rebfläche ab. Die ausgewählten europäischen Rotweinsorten Merlot und Cabernet Sauvignon genießen international eine hohe Reputation (vgl. SCHWAB &amp; KNOTT 2012: 24), weshalb die Motivation bei einigen Winzern groß ist, diese anzubauen, wenn die klimatischen Voraussetzungen erfüllt sind. Beide Rebsorten sind seit 2002 für den Anbau in Bayern zugelassen (LWG o.J.a und LWG o.J.b).</p> <p><u>Teil B – Huglin-Index:</u></p> <p>Der Indikator-Teil B bildet den sogenannten Huglin-Index ab. Der Index ist wärmebasiert und ermöglicht gebietsbezogene Abschätzungen über die Anbaumöglichkeiten verschiedener Rebsorten, da jede Rebsorte eine bestimmte Wärmesumme benötigt, um erfolgreich über längere Zeit kultiviert zu werden. Für die Bildung des Indexwerts werden die Temperatursummen für den Zeitraum 1. April bis 30. September zu Gradtagen aufsummiert, wobei auch die geografische Breite Berücksichtigung findet. Eine Zunahme des Huglin-Index in den mitteleuropäischen Weinbaugebieten führt dazu, dass bisher auf südlichere Regionen beschränkte Weinsorten nun auch in deutschen Anbauregionen grundsätzlich Anbaueignung erlangen (u. a. KERSEBAUM et al. 2009: 206 und MAAß &amp; SCHWAB 2011: 8).</p> <p>Der Indikator basiert auf Berechnungen des Huglin-Index für ausgewählte Stationen im Weinbauggebiet Franken. Untersuchungen der LWG zeigen, dass die Wärmesummen, die die Weinsorten benötigen, um angebaut zu werden, für das Weinbauggebiet Franken gegenüber der ursprünglichen Aufstellung von Huglin abweichen. Hintergrund ist, dass der Index ursprünglich für ebene Flächen in Frankreich entwickelt worden ist. In Franken aber wächst Wein in der Regel aber an exponierten Südhängen, wo die Sonneneinstrahlung eine andere ist. MAAß &amp; SCHWAB (2011) geben beispielsweise für Merlot einen Grenzwert des Huglin-Index von 1900 und für Cabernet Sauvignon von 2000 für das Weinbauggebiet Franken an.</p> <p>Dass die Berechnung des Huglin-Index auf das Weinbauggebiet Franken begrenzt ist, liegt in der Dominanz dieses Weinbaugebiets gegenüber den anderen bayerischen Weinbaugebieten begründet. In Franken liegen rund 98 % der bayerischen Rebflächen.</p> <p><u>Zusatz – Abweichung des mittleren Huglin-Index vom Mittel der Jahre 1961-1990:</u></p> <p>In einem Zusatz erfolgt die Darstellung des mittleren Huglin-Index der Jahre 1961 bis 1990 sowie die Abweichung der einzelnen Jahre von diesem Mittelwert für das Weinbauggebiet Franken.</p>
Schwächen	<p><u>Teil A – Entwicklung der mit Keltertrauben bestockten Rebfläche:</u></p> <p>Gerade im Weinanbau spielen neben agronomischen Entscheidungskriterien wie Stresstoleranz bzw. Ertragssicherheit auch das Marketing und die Verbrauchernachfrage eine wesentliche Rolle. Auch Modetrends prägen die Anbauentscheidungen der Winzer. Die Konzentration des Indikators (Teil A) auf die ausgewählten Sorten birgt daher das Risiko, dass diese Sorten ggf. in zehn Jahren von anderen, dann als attraktiver bewerteten Sorten wieder verdrängt werden. Diese Dynamik schlägt sich auch in der Rebflächenstatistik nieder. Sorten wie Merlot oder Cabernet Sauvignon werden erst dann in der Statistik geführt, wenn relevante Anbauflächengrößen erreicht werden.</p> <p>Ein vermehrter Anbau eher mediterraner, wärmeliebender Weinsorten wie Merlot und Cabernet Sauvignon wird natürlich durch die Wärmegunst erst möglich, das Ausmaß des Anbaus ist aber wesentlich auch vermarktungsabhängig.</p> <p><u>Teil B – Huglin-Index:</u></p> <p>Der Huglin-Index dient der allgemeinen Charakterisierung eines Gebiets, kann aber nicht die speziellen lokalklimatischen Situationen in Weinbergen beschreiben. Insbesondere Hanglagen mit unterschiedlichen thermischen Bedingungen können je nach Neigung, Exposition und Höhenlage entsprechende Abweichungen des Huglin-Index aufweisen. Außerdem ist nicht ausgeschlossen, dass Standorte mit hohen Indexwerten wegen Spätfrost- oder Winterfrostgefährdung weinbaulich ungeeignet sind.</p> <p>Die für die Berechnung des Huglin-Index ausgewählten DWD-Stationen liegen zudem i. d. R. nicht direkt in den Weinbaulagen selbst. Die berechneten Werte erlauben daher keine unmittelbaren Rückschlüsse auf die Entwicklung und die Potenziale am jeweiligen Standort. Ferner werden für den Indikator die aus den einzelnen Stationsdaten berechneten Huglin-Indices</p>

	<p>über das Weinbaugebiet gemittelt. Beides führt dazu, dass die im Indikator dargestellten absoluten Huglin-Index-Werte nicht unmittelbar den von den einzelnen Rebsorten geforderten Indexwerten gegenübergestellt werden können. Eine Trendaussage ist jedoch in jedem Falle möglich.</p> <p>Berücksichtigt werden muss auch, dass der Huglin-Index für das Weinbaugebiet Franken berechnet wurde, während die Rebflächenstatistik auch die flächenmäßig deutlich kleineren Weinbaugebiete am bayerischen Bodensee und im Untergebiet der Donau berücksichtigt (Franken: ca. 6.000 ha, Untergebiet der Donau: ca. 70 ha, Bayerischer Bodensee: ca. 6 ha).</p>
Referenzen auf andere Indikatoren-systeme	<p>Klimafolgenmonitoring des Bundes: LW-R-3 Anpassung des Sortenspektrums, LW-R-4 Maissorten nach Reifegruppen</p> <p>Klimafolgenmonitoring Baden-Württemberg: R-LW-2 Anbau wärmeliebender Sorten</p> <p>Klimafolgenmonitoring Hessen: Rebsorteneignung</p>
In der BayKLAS beschriebene Klimafolgen	<p>Wärmeliebende Arten und Sorten können vermehrt im Freiland angebaut werden und es steigt die Perspektive für eine Zweitkulturnutzung. (S. 52)</p> <p>Für den Weinbau ist vor allem durch eine Verlängerung der Vegetationsperiode potenziell eine Qualitätssteigerung der Trauben, insbesondere von spätreifenden Sorten, möglich. Von einer besseren Traubenreife kann somit beispielsweise das eher kontinental geprägte Weingebiet Franken profitieren (StMUV 2015c). (S. 52)</p>
Zielbezüge, Maßnahmen	<p>Anpassung der Sorten- und Artenauswahl an die Verfügbarkeit von Wasser (PW_04)</p> <p>Anbau frostharter und frühreifer Sorten sowie Entwicklung von Frostschadensprävention in Sonderkulturen (PW_18)</p> <p>[Anmerkung Dr. Heßdörfer: Im Weinbau ist mit fortschreitenden Klimawandel der Anbau von spätreifenden Sorten zu empfehlen. Die durch den Klimawandel bedingte Verfrühung der Reifeperiode der Trauben birgt ein hohes Risiko für die Traubengesundheit.]</p> <p>Entwicklung neuer Anbauverfahren und Sortimentzusammensetzungen v. a. für wirtschaftlich wichtige Kulturen wie Gurken und Tomaten (PW_23)</p>
Berichtspflichten	Derzeit keine

#### 4 Technische Informationen

Datenquelle	Teil A	Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG): Weinbaukartei
	Teil B und Zusatz	Deutscher Wetterdienst (DWD): Tagestemperaturen eigene Berechnungen des Huglin-Index
Räumliche Auflösung	Teil A	NUTS 1
	Teil B und Zusatz	Weinbaugebiet Franken
Geografische Abdeckung	Teil A	Ganz Bayern
	Teil B und Zusatz	Weinbaugebiet Franken
Zeitliche Auflösung	Teil A	Ab 2001, jährlich
	Teil B und Zusatz	Ab 1948, jährlich
Beschränkungen, Datenkosten	Keine	
Aufwand	Ca. 7 Std. für die Datenfortschreibung	

## 5 Darstellung

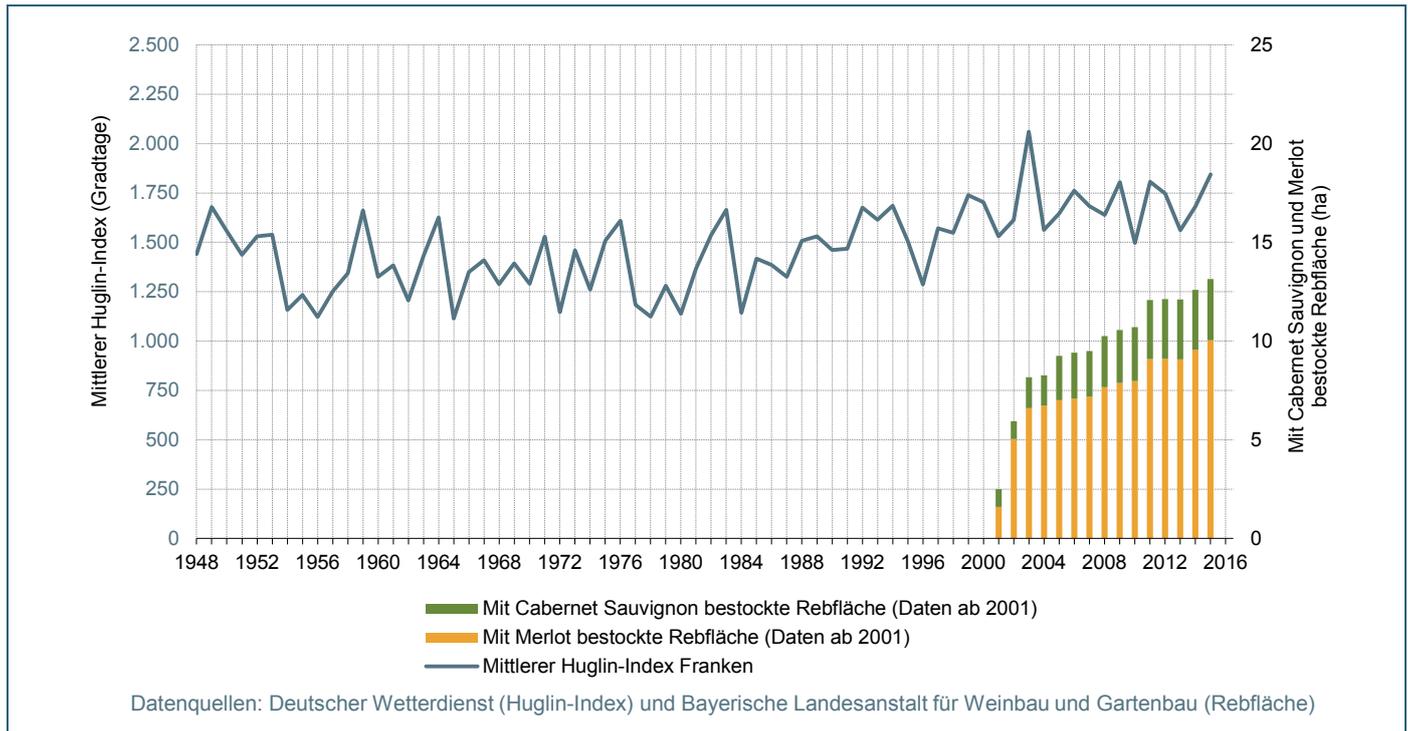


Abb. 1: Indikator – Anbau wärmeliebender Sorten

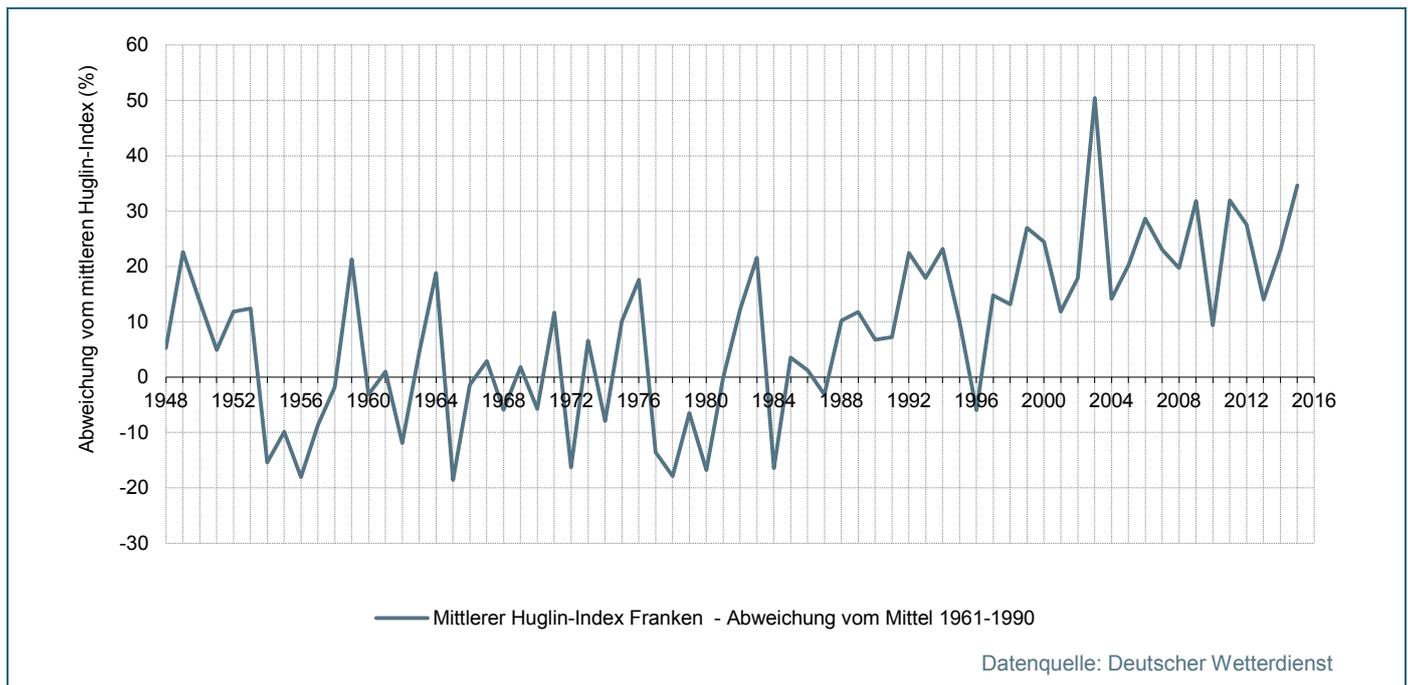


Abb. 2: Indikator-Zusatz – Abweichung des mittleren Huglin-Index vom langjährigen Mittel

## 6 Glossar

### Huglin-Index (Wärmeindex Rebsorteneignung)

Mit Hilfe des Huglin-Index kann die Anbaueignung verschiedener Rebsorten abgeschätzt werden, da jede Rebsorte eine bestimmte Wärmesumme benötigt, um erfolgreich über längere Zeit in einem Gebiet kultiviert zu werden. Der Index stellt die Temperatursumme oberhalb von 10 °C für den Zeitraum 1. April bis 30. September dar, wobei auch die geografische Breite Berücksichtigung findet.

Huglin-Index H	Ausgewählte anbauwürdige Rebsorten
H < 1500	kein Anbau empfohlen
1500 < H < 1600	Müller-Thurgau
1600 < H < 1700	Pinot blanc, Gamay noir
1700 < H < 1800	Riesling, Chardonnay, Sylvaner, Sauvignon blanc, Pinot noir
1800 < H < 1900	Cabernet franc
1900 < H < 2000	Chinon blanc, Cabernet sauvignon, Merlot
2000 < H < 2100	Ugni blanc
2100 < H < 2200	Grenache, Syrah
2200 < H < 2300	Carignan
2300 < H < 2400	Aramon

Zu beachten ist, dass der Huglin-Index für den Anbau von Kulturreben auf ebenen Flächen in Frankreich entwickelt wurde. In Deutschland befinden sich die Rebanlagen meist auf den klimatisch begünstigten Süd-, Südwest- und Südosthängen, die nach Hoppmann (2010: in DWD) am Tag ca. 1,5 bis 2 K wärmer sind als horizontale Flächen. Hieraus resultiert ein zusätzlicher Wärmegewinn von 150 bis 300 Gradtagen, bezogen auf den Zeitraum April bis September (s. Informationen des DWD zum Huglin-Index).

Für das Weinbaugebiet Franken haben Maaß und Schwab (2011) folgende vorläufige Einteilung des Huglin-Index veröffentlicht:

Huglin-Index H	Ausgewählte anbauwürdige Rebsorten
1300 < H	Siegerrebe, Ortega
1400 < H	Müller-Thurgau, Bacchus
1500 < H	Kerner, Portugieser, Regent, Gamay
1600 < H	Silvaner, Grauburgunder, Schwarzriesling, Chasselas, Pinot Meunier
1700 < H	Weißburgunder, Sauvignon Blanc, Spätburgunder, Sauvignon Blanc, Pinot Noir, Grüner Veltliner
1800 < H	Riesling, Scheurebe, Gewürztraminer, Chardonnay, Riesling, Tempranillo
1900 < H	Muskateller, Trollinger, Blaufränkisch, Merlot, Syrah, Viognier
2000 < H	Cabernet Cubin, Cabernet Sauvignon
2100 < H	Grenache, Cinsault, Sangiovese
2200 < H	Carignan, Trebbiano, Airen
2300 < H	Nebbiolo

## 7 Weiterführende Literatur

- DAS-Indikatoren-Factsheet LW-R-3 Anpassung des Sortenspektrums: [www.umweltbundesamt.de/lw-r-3-4-das-indikatoren](http://www.umweltbundesamt.de/lw-r-3-4-das-indikatoren)
- Informationen des DWD zum Huglin-Index: [www.dwd.de/DE/leistungen/deutscherklimaAtlas/erlaeuterungen/elemente/functions/faqkarussel/huglin\\_dex](http://www.dwd.de/DE/leistungen/deutscherklimaAtlas/erlaeuterungen/elemente/functions/faqkarussel/huglin_dex): [www.dwd.de/DE/leistungen/deutscherklimaAtlas/erlaeuterungen/elemente/functions/faqkarussel/huglin.html](http://www.dwd.de/DE/leistungen/deutscherklimaAtlas/erlaeuterungen/elemente/functions/faqkarussel/huglin.html)

- BayStMUV – Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (Hrsg.) 2016: Bayerische Klima-Anpassungsstrategie. München, 218 S.
- Hannah L., Roehrdanz P.R., Ikegami M., Shepard A.V., Shaw M.R. Tabor G., Zhi L., Marquet P.A., Hijmans R.J. 2013: Climate change, wine, and conservation. PNAS, Vol. 110, No. 17: 6907-6912.
- Hoppmann D. 2010: Terroir – Wetter, Klima und Boden im Weinbau. Stuttgart, 328 S.
- Huglin P. 1986: Biologie et écologie de la vigne. Paris, 371 S.
- Kersebaum K.C., Eitzinger J., Bauer K. 2009: Auswirkungen auf die Land- und Forstwirtschaft. In: Eitzinger J., Kersebaum K.C., Formayer H.: Landwirtschaft im Klimawandel – Auswirkungen und Anpassungsstrategie für die Land- und Forstwirtschaft in Mitteleuropa. Wien: Kap. 2.2.4.1 Weinbau, 202 ff.
- LWG – Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (Hrsg.) o.J.a: Rebsorten-Portrait des Merlot. [www.lwg.bayern.de/mam/cms06/weinbau/dateien/w1-rebsorten-merlot.pdf](http://www.lwg.bayern.de/mam/cms06/weinbau/dateien/w1-rebsorten-merlot.pdf)
- LWG – Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (Hrsg.) o.J.b: Rebsorten-Portrait von Cabernet Sauvignon. [www.lwg.bayern.de/mam/cms06/weinbau/dateien/w1-rebsorte-neue-cab.sauvignon.pdf](http://www.lwg.bayern.de/mam/cms06/weinbau/dateien/w1-rebsorte-neue-cab.sauvignon.pdf)
- Maaß U. & Schwab A. 2011: Klimawandel und Sortenwahl - Der Huglin-Index und der Wärmeanspruch von Rebsorten. Das deutsche Weinmagazin 10/2011. [www.lwg-design3.bayern.de/weinbau/rebenanbau\\_qualitaetsmanagement/linkurl\\_18.pdf](http://www.lwg-design3.bayern.de/weinbau/rebenanbau_qualitaetsmanagement/linkurl_18.pdf)
- Schwab A. & Listl M. 2014: Die Qualität einer Lage bestimmen. Sonnenenergie ist Traubenqualität. In: Rebe & Wein 5/2014: 31-33.
- Schwab A. & Knott R. o.J.: Vergleich der internationalen Rotweinsorten Syrah, Cabernet Sauvignon und Merlot. PowerPoint-Vortrag im Rahmen eines VOENOS-Seminars. [www.lwg.bayern.de/mam/cms06/weinbau/dateien/w1\\_rotweinvgl\\_internat\\_sorten-voenos.pdf](http://www.lwg.bayern.de/mam/cms06/weinbau/dateien/w1_rotweinvgl_internat_sorten-voenos.pdf)
- Schwab A. & Knott R. 2012: Versuche zur Anbaueignung in Franken. Merlot – Ergänzung, aber keine Alternative. In: Rebe & Wein 1/2012: 24-25.



Indikatoren-Kennblatt zum Klimafolgenmonitoring

## I-FW-4 Mistelbefall von Waldbäumen

### 1 Basisinformationen

Verfasser	Bosch & Partner GmbH: Konstanze Schönthaler
Zuständigkeit	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF): Abteilung Boden und Klima, Fachbereich Standortkunde, Baumartenwahl, Wälder im Klimawandel: Dr. Hans-Joachim Klemmt
Letzte Aktualisierung	03.04.2017
Nächste Fortschreibung	

### 2 Einordnung und Berechnung

Handlungsfeld	Wald und Forstwirtschaft	
Kategorie	Impact	
Indikationsfeld	Vitalität / Mortalitätseffekte (BayKLAS-Themen: Waldwachstum, Waldstruktur und Baumartenverteilung, Extremereignisse und Schädlinge, Wald und Forstwirtschaft in den Alpen)	
Thematischer Teilaspekt	Schäden durch verändertes biotisches Störungsregime (Abundanzverschiebungen bei bereits existierenden Schadorganismen und Pathogenen, Einwanderung neuer Schadorganismen und Pathogene)	
Kurzbeschreibung des Indikators (Einheit)	Indikator I	Relativer Anteil der mistelbefallenen Tannen im Wald (Prozent, %)
	Indikator II	Relativer Anteil der mistelbefallenen Kiefern im Wald (Prozent, %)
Berechnungsvorschrift	Indikator I	Anteil befallener Tannen = Anzahl befallener Tannen * 100 / Anzahl erfasster Einzelbäume der Tanne
	Indikator II	Anteil befallener Kiefern = Anzahl befallener Tannen * 100 / Anzahl erfasster Einzelbäume der Kiefer
Verständnis des Indikatorwerts	Je höher der Indikatorwert, desto mehr Tannen und Kiefern waren in der jährlich durchgeführten Kronenzustandserhebung von Misteln befallen.	

### 3 Begründung und Interpretation

Begründung	Während viele Bäume und Wälder durch veränderte Witterungsbedingungen (insbesondere Sommertrockenheit) an Vitalität verlieren können, können einige Schädlinge und Krankheitserreger von den veränderten Umweltbedingungen profitieren. Der Klimawandel führt zu Ver-
------------	---

	<p>schiebungen des Schaderregerspektrums und zu Veränderungen im Schadmuster.</p> <p>Die immergrüne, weißbeerige Mistel (<i>Viscum album</i>) ist in Mitteleuropa weit verbreitet und kommt in drei Unterarten vor, die unterschiedliche Baumarten bevorzugen: Die Tannenmistel (<i>Viscum album ssp. abietis</i>) besiedelt ausschließlich die Weißtanne, die Kiefernmistel (<i>Viscum album ssp. austriacum</i>) häufig Waldkiefer, Schwarzkiefer und die Bergkiefer, sehr selten auch Fichte und Lärche, die Laubbaummistel (<i>Viscum album ssp. album</i>) häufig Linde, Weide, Pappel, Apfel, Mehlbeere, Weißdorn, Robinie, Ahorn und Birke, selten auch Roteiche, Erle, Haselnuss, Hainbuche, Gemeine Hopfenbuche, Nussbaum, Zürgelbaum, Birnbaum, Mispel, Felsenbirne, Prunus-Arten und Rosskastanie. Rotbuche und Platane werden generell nicht von Misteln besiedelt. Die Mistel wird durch Vogelarten übertragen, für die die Mistelfrüchte eine attraktive Nahrungsquelle darstellt, die aber die Mistelkerne nicht fressen. (PETERCORD et al. 2017)</p> <p>Die Mistel ist ein Halbschmarotzer, der seiner Wirtspflanze Wasser und Nährsalze entzieht. Als grüne Pflanze kann sie eigenständig Photosynthese betreiben und damit organische Substanzen selbstständig aufbauen. Allerdings entnimmt die Mistel auch organische Substanzen (Stickstoffverbindungen) aus der Wirtspflanze. Gleichzeitig erhöht die hohe Transpirationsleistung der Mistel den Trockenstress in Dürrephasen, da die Mistel ihre Spaltöffnungen später schließt als ihre Wirtspflanze und damit deren Wasserregulation sabotiert (PETERCORD et al. 2017). Der zunehmende Vitalitätsverlust der Wirtspflanze durch den Mistelbefall begünstigt weiteren Mistelbefall, denn die Bäume können neu keimende Misteln schwerer überwallen und der beginnende Nadelverlust verbessert die Lichtbedingungen in der Krone (LEMME 2009). Dadurch kommt es zu einem sich selbstverstärkender Effekt. Als Sekundärschaden kann auch der Befall durch andere Schadorganismen zunehmen.</p> <p>Die Mistel ist eine Pflanze mit hohem Licht- und Wärmeanspruch, daher hatte die Mistel im nacheiszeitlichen Wärmeoptimum auch ein deutlich größeres Verbreitungsgebiet als heute. Vor allem eine höhere Jahresdurchschnittstemperatur und höhere durchschnittliche Sommertemperaturen haben einen signifikant positiven Einfluss auf die Mistel, während der Befall mit höheren Jahresniederschlagsmengen abnimmt. Aufgrund ihres Wärmeanspruchs wird als Folge des Klimawandels von einer Verbreitung der Mistel ausgegangen. Dies erklärt auch, warum die Mistel im wärmebegünstigten Mittelfranken (an der Kiefer) deutlich weiter verbreitet ist als beispielsweise im Alpenraum (an der Tanne). (PETERCORD et al. 2017)</p> <p>Die Bekämpfung der Mistel ist ausgesprochen schwierig, in Obstbeständen aber aus wirtschaftlichen Gründen und an Straßenbäumen zur Erfüllung der Verkehrssicherungspflichten erforderlich. Aus forstlicher Sicht ist vor allem der Befall von Kiefer und Tanne problematisch (PETERCORD et al. 2017). Erfahrungen aus den inneralpinen Trockentälern des Schweizer Wallis zeigen, dass sich begünstigt durch den Mistelbefall die Baumartenzusammensetzung von Beständen (im Wallis Verdrängung der Waldkiefer durch die Flaumeiche) verändern kann (LEMME 2009).</p> <p>Im Rahmen der jährlichen Waldzustandserfassung wird seit 2007 auch der Mistelbefall der Baumkronen erfasst. Zwischen 2007 und 2013 stieg die relative Befallsrate der Kiefernmistel (Mistelanteil in Prozent der bonitierten Krone (Lichtkrone)) in Bayern von gut 1,5 % auf 10,9 % deutlich an. (PETERCORD et al. 2017)</p> <p>Über weitere, flächenrepräsentative Großrauminventurdaten ist grundsätzlich eine Hochrechnung auf die Befallsfläche möglich.</p>
Schwächen	Die Ermittlung der Mistelbefallsrate wurde ab 2011 durch die Erhebung der Anzahl der Mistelbüsche am gesamten Baum ergänzt. 2013 wurde die ursprüngliche prozentuale Ansprache in 10%-Klassen durch drei Mistelbefallsklassen ersetzt. Durch entsprechende Umrechnungen kann die Zeitreihe aber rückwirkend ergänzt und verglichen werden.
Referenzen auf andere Indikatoren-systeme	Keine
In der BayKLAS beschriebene Klimawandel-	Trockenstress und Hitze verringern dagegen Wuchsleistung, Zuwachsraten, Stabilität und Vitalität der Bäume. Zudem erhöhen diese Faktoren die Anfälligkeit der Waldbäume gegenüber bestehenden oder neu auftretenden Schädlingen und Krankheiten. (S. 68-69)

folgen	Trockenstress und Hitze treten zunehmend häufiger und ausgeprägter auf. Sie begünstigen bestehende (z. B. Borkenkäfer, Eichenprozessionsspinner) oder neu auftretende Schädlinge und Krankheiten. (S. 70)
Zielbezüge, Maßnahmen	Beobachtung und Analyse der Auswirkungen des Klimawandels sowie der ergriffenen Maßnahmen; bei Bedarf Weiterentwicklung und Ergänzung der Monitoringsysteme (z. B. [...] Waldzustandserhebung) (GF_01) Beobachtung, Bewertung und Information der Öffentlichkeit bzgl. biotischer und abiotischer Kalamitätsrisiken für die Wälder und Betriebe, als Grundlage für Prävention, Abwehr und Schadensbewältigung (GF_03)
Berichtspflichten	Derzeit keine

#### 4 Technische Informationen

Datenquelle	LWF: Waldzustandserhebung
Räumliche Auflösung	NUTS 1
Geografische Abdeckung	Ganz Bayern
Zeitliche Auflösung	Ab 2007, jährlich
Beschränkungen, Datenkosten	Keine
Aufwand	Ca. 3 Std. für Datenfortschreibung

#### 5 Darstellung

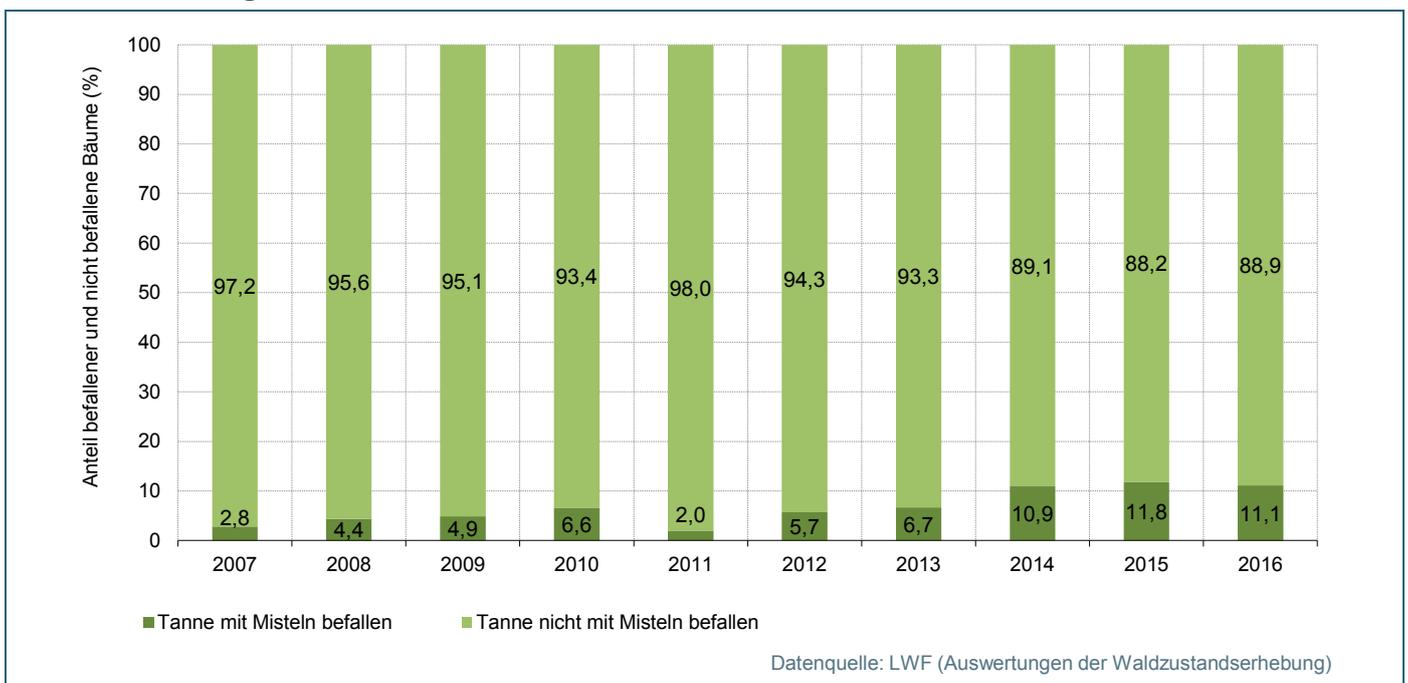


Abb. 1: Mistelbefall von Waldbäumen – Befall der Tanne

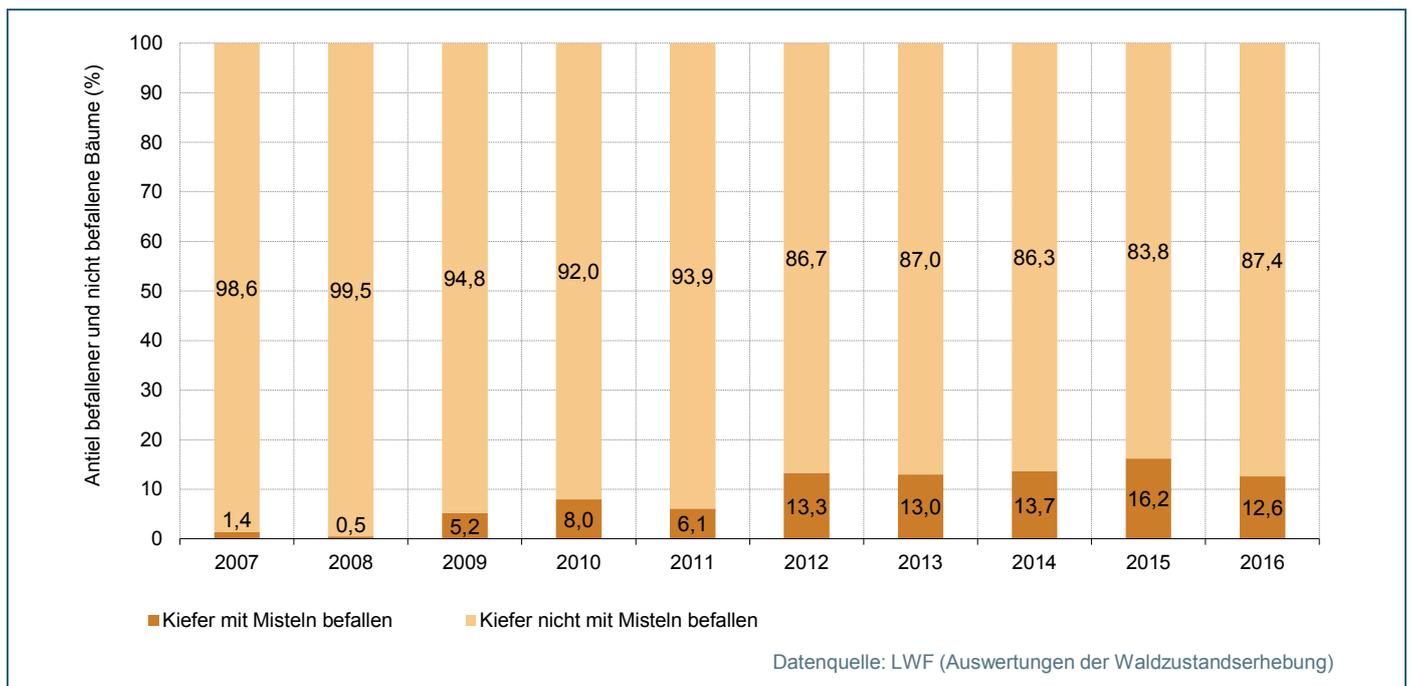


Abb. 2: Mistelbefall von Waldbäumen – Befall der Kiefer

## 6 Glossar

## 7 Weiterführende Literatur

- Hilker N., Rigling A., Dobbertin M. 2005: Mehr Misteln wegen der Klimaerwärmung? Wald Holz 86, 3: 39-42. [www.waldwissen.net/wald/klima/wandel\\_co2/wsl\\_misteln\\_klimaerwaermung/index\\_DE](http://www.waldwissen.net/wald/klima/wandel_co2/wsl_misteln_klimaerwaermung/index_DE)
- Lemme H. 2009: Ein ungebetener Säufer – die Mistel. Misteln befallen zunehmend Kiefern – sind sie bereits Vorboten des Klimawandels? LWF aktuell 72/2009: 32-33.
- Petercord R., Wauer A., Krüger F., Wallerer G. 2017: „Grüne Mitesser“ – Die Misteln an Tanne, Kiefer und Laubbaumarten. LWF aktuell 1/2017: 18-22.



Indikatoren-Kennblatt zum Klimafolgenmonitoring

## R-FW-1 Mischbestände

### 1 Basisinformationen

Verfasser	Bosch & Partner GmbH: Konstanze Schönthaler, Stefan v. Andrian-Werburg, Mareike Buth
Zuständigkeit	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF): Abteilung Boden und Klima, Fachbereich Standortkunde, Baumartenwahl, Wälder im Klimawandel: Dr. Hans-Joachim Klemmt
Letzte Aktualisierung	03.04.2017
Nächste Fortschreibung	Der Wiederholungsturnus der BWI beträgt 10 Jahre. Es sollte geprüft werden, ob ggf. eine Aktualisierung der Zahlen mit Daten aus der Kohlenstoffinventur, die regelmäßig alle 5 Jahre nach einer Bundeswaldinventur durchgeführt wird, erfolgen könnte.

### 2 Einordnung und Berechnung

Handlungsfeld	Wald und Forstwirtschaft
Kategorie	Response
Indikationsfeld	Waldbauliche Maßnahmen (BayKLAS-Themen: Operative Umsetzung im Wald, flankierende Maßnahmen)
Thematischer Teilaspekt	Waldpflege zur Mischbestandsförderung
Kurzbeschreibung des Indikators (Einheit)	Anteil der Waldfläche mit naturnahen und nicht-naturnahen Reinbestockungen sowie Mischbestockungen (mind. eine weitere Baumart mit mind. 20 % Grundflächenanteil) mit 2, 3 sowie 4 und mehr Baumarten an der Gesamtwaldfläche (Prozent, %)
Berechnungsvorschrift	<p>Grundflächenanteil von Mischbestockungen (Hauptbestockung) mit 2 Baumarten =  <math>\text{Grundfläche der Mischbestockung mit 2 Baumarten} / \text{Gesamtwaldfläche} * 100</math></p> <p>Grundflächenanteil von Mischbestockungen (Hauptbestockung) mit 3 Baumarten =  <math>\text{Grundfläche der Mischbestockung mit 3 Baumarten} / \text{Gesamtwaldfläche} * 100</math></p> <p>Grundflächenanteil von Mischbestockungen (Hauptbestockung) mit mind. 4 Baumarten =  <math>\text{Grundfläche der Mischbestockung mit mind. 4 Baumarten} / \text{Gesamtwaldfläche} * 100</math></p> <p>Grundflächenanteil von naturnahen Reinbestockungen =  <math>\text{Grundfläche naturnaher Reinbestockungen} / \text{Gesamtwaldfläche} * 100</math></p> <p>Grundflächenanteil von nicht-naturnahen Reinbestockungen =  <math>\text{Grundfläche nicht-naturnaher Reinbestockungen} / \text{Gesamtwaldfläche} * 100</math></p> <p><u>Dabei sind:</u></p> <p>Mischbestockungen: Waldflächen mit Gesamtbeimischung anderer Baumarten von mind. 20 % (die 20 % können von einer oder mehreren anderen Baumarten eingenommen werden)</p> <p>Naturnahe Reinbestockungen: sehr naturnahe und naturnahe Bestände nach der Klassifikation der BWI</p>

	<p>Nicht-naturnahe Reinbestockungen: bedingt naturnah, kulturbetont, kulturbestimmt nach der Klassifikation der BWI</p> <p>Gesamtwaldfläche: nach BWI-Definition die Fläche, die durch BWI-Stichproben (Traktecken) auf Holz- und Nichteichenboden repräsentiert wird. Messungen, d. h. bestockungsbezogene Informationen, liegen aber nur für Traktecken auf begehbarem Holz-boden vor.</p>
Verständnis des Indikatorwerts	Je höher der Indikatorwert, desto höher ist der Anteil der jeweiligen Bestockungen (Reinbestockungen und Mischbestockungen) an der Gesamtwaldfläche.

### 3 Begründung und Interpretation

Begründung	<p>Unter Waldexperten besteht Übereinstimmung, dass sich der Klimawandel ab der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts besonders stark auf den Wald auswirken wird. Die Forstwirtschaft als stark umweltgebundene Produktionsform ist wegen ihrer langen Produktionszeiträume in besonderem Maße vom Klimawandel betroffen.</p> <p>Je mehr Arten eine Lebensgemeinschaft bilden und je vielfältiger ihre Strukturen sind, desto geringer wird das Risiko sein, dass im Falle einer schleichenden oder plötzlichen Veränderung der Standortbedingungen die gesamte Lebensgemeinschaft zusammenbricht. Es wird dann immer einzelne Arten geben, die Grundlage einer neuen Bestandsentwicklung werden können. Monostrukturierte und artenarme Bestände stehen vor diesem Hintergrund derzeit im besonderen Fokus der Forstwirtschaft (vgl. DAS-Indikator-Factsheet FW-R-1). In der Forstwirtschaft in Bayern wurde bereits massiv mit der Umsetzung eines Waldumbau-programms begonnen. Bis zum Jahr 2020 sollen von den 260.000 Hektar akut gefährdeten Fichtenbeständen im Privat- und Körperschaftswald rund 100.000 Hektar in klimatolerante Mischwälder umgebaut werden (BayStMUG 2016: 9).</p> <p>Die derzeitige Standortgerechtigkeit oder Naturnähe der Baumartenzusammensetzung spielt bei diesen Überlegungen nicht die prioritäre Rolle, da sich die Standortgerechtigkeit bzw. Naturnähe der Baumarten in der Zukunft durch z. B. Erwärmung oder Trockenheit ändern kann und sich heute angepasste Baumarten in Zukunft als weniger angepasst gelten können (Arealverschiebung, vgl. BOLTE &amp; IBISCH 2007). Das bedeutet, dass auch für einen reinen Buchenbestand, insbesondere in heute schon warmen und trockenen Gebieten, in Zukunft das Ziel gelten könnte, diesen mit zusätzlichen Baumarten anzureichern, um das Risiko in Zukunft stärker streuen zu können (vgl. DAS-Indikator-Factsheet FW-R-1).</p>
Schwächen	<p>Ein veränderter Flächenanteil von Mischbeständen kann ein Ergebnis zielgerichteter Waldumbaumaßnahmen sein. Die Veränderung kann sich aber bis zu einem gewissen Umfang auch natürlicherweise einstellen (allerdings vollzieht sich dieser Prozess i. d. R. in deutlich längeren Zeiträumen). Im Resultat lassen sich daher natürliche oder spontane Entwicklungen nicht eindeutig von durch anthropogene, gerichtete Eingriffe gesteuerten Prozessen unterscheiden. (vgl. DAS-Indikator-Factsheet FW-R-1).</p> <p>Zur Erfassung der Diversität im Wald gibt es bislang keine praxistauglichen methodischen Konzepte. Grundsätzlich schafft eine große Vielfalt von Strukturen und Arten aber auch Voraussetzungen für die Erhaltung verschiedener Genotypen und damit für Anpassungsfähigkeit. In diesem Sinne liefert ein hoher Mischwaldanteil zwar keinen unmittelbaren und hinlänglichen, aber zumindest doch einen groben Hinweis auf die genetische Vielfalt im Wald. (vgl. DAS-Indikator-Factsheet FW-R-1).</p> <p>Der Indikator ermöglicht keine Differenzierung der Aussagen in Abhängigkeit von den spezifischen standörtlichen Verhältnissen, die ggf. die Möglichkeit einer Mischung unterschiedlicher Baumarten erschweren.</p>
Referenzen auf andere Indikatoren-systeme	<p>Klimafolgenmonitoring des Bundes: FW-R-1 Mischbestände</p> <p>Klimafolgenmonitoring Baden-Württemberg: R-FW-1 Mischbestände</p>
In der BayKLAS beschriebene	Bereits heute lässt sich eine Verschiebung der Baumartenverteilung und Waldstruktur aufgrund klimatischer Veränderungen beobachten. Betroffen sind vor allem an kühl-feuchte

Klimafolgen	<p>Bedingungen angepasste Arten, die zunehmend durch wärmeliebende und trockenheitsverträglichere Arten verdrängt werden. (S. 69)</p> <p>Zukünftig ist durch den prognostizierten Klimawandel davon auszugehen, dass sich die Klimaareale und die Verbreitung der Waldgesellschaften weiter in die Höhe als auch polwärts verschieben. (S. 69)</p>
Zielbezüge, Maßnahmen	<p>WUKS – Waldumbauprogramm Klimawandel im Staatswald Bayern: Bis 2020 Umbau von 100.000 Hektar der 260.000 Hektar akut gefährdeten Fichtenbeständen im Privat- und Körperschaftswald in klimatolerante Mischwälder</p> <p>Klimaschutzprogramm Bayern 2050 (KLIP 2050): Fortsetzung des Waldumbauprogramms nach 2020, bis 2033 Umbau von rund 172.000 Hektar Fichten- und Kiefern-Reinbestände im Staatswald</p> <p>Waldumbau in klimatolerantere Mischwälder im Staatswald (rd. 172.000 ha von 2008 bis 2033, davon bis 2013 rd. 40.000 ha umgesetzt) (OF_03)</p> <p>Waldumbau in klimatolerantere Mischwälder im Privat- und Körperschaftswald (OF_04)</p> <p>Projekte Bergwaldoffensive (BWO) in den bayerischen Alpen (integrierte Maßnahmen im Bergwald, z. B. Waldumbau, Intensivierung von Schutzwaldpflege und -sanierung in Verbindung mit einer effektiven Schalenwildregulierung; inkl. Beteiligung aller Betroffenen) (OF_05)</p> <p>Projekte Waldinitiative Ostbayern (WIO) in den nord- und ostbayerischen Grenzgebirgen (integrierte Maßnahmen, z. B. Waldumbau, Intensivierung von Pflege und Sanierung in Verbindung mit einer effektiven Schalenwildregulierung; inkl. Beteiligung aller Betroffenen) (OF_06)</p>
Berichtspflichten	Es besteht eine rechtliche Verpflichtung zur Durchführung der Bundeswaldinventur: BWaldG § 41a Bundeswaldinventur

#### 4 Technische Informationen

Datenquelle	LWF, Thünen-Institut: Bundeswaldinventur
Räumliche Auflösung	NUTS1
Geografische Abdeckung	Gesamtwald Bayerns
Zeitliche Auflösung	10-jährlich (gemäß Bund-Länder-Verpflichtung zur Durchführung der BWI), bisher BWI <sup>2</sup> 2002, BWI <sup>3</sup> 2012; evtl. 5-jährlich bei Berücksichtigung der Daten der Kohlenstoffinventur des Bundes, die auf dem Raster der BWI durchgeführt wird
Beschränkungen, Datenkosten	keine
Aufwand	Ca. 5 Stunden für Datenfortschreibung (bei Vorliegen der Hochrechnungsergebnisse durch das TI); wenn sich Struktur der Daten nicht wesentlich ändert, sollte zukünftige Aktualisierung mit geringem Zeitaufwand (ca. 1 Stunde) möglich sein.

## 5 Darstellung

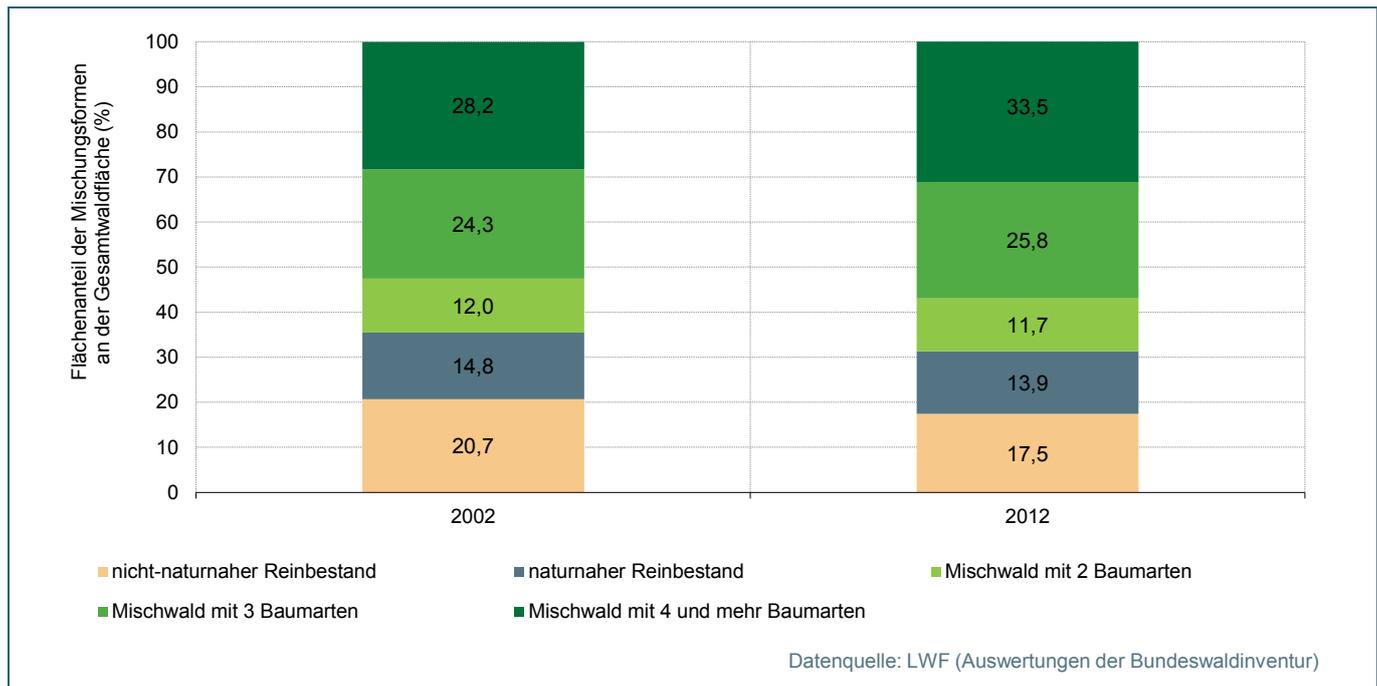


Abb. 1: Mischbestände

## 6 Glossar

### Bestand

Bewirtschaftungseinheit des Waldes, Waldteil, der sich hinsichtlich Alter und Baumart wesentlich von seiner Umgebung abhebt. Er ist für einen längeren Zeitraum die kleinste Einheit des waldbaulichen Handelns (Definition nach BWI).

### Bestockung

Die Bestockung beschreibt den Waldort unabhängig von Bestandsgrenzen. Gemeint ist die Gesamtheit der Bäume, die durch die Winkelzählprobe unabhängig von Bestandsgrenzen erfasst werden (Definition nach BWI).

### Mischbestockung

Jede Bestockung, in der neben der führenden Baumart mindestens eine weitere Baumart mit mindestens 20 % Anteil vertreten ist (abweichend von der Definition nach BWI).

### Naturnähe

Der Vergleich der aktuellen Bestockung mit der natürlichen Waldgesellschaft gibt Auskunft über die Naturnähe der Baumartenzusammensetzung. „Außereuropäische Baumarten“ sind vom Menschen neuzeitlich eingeführte, ursprünglich außereuropäisch verbreitete Baumarten, auch wenn sie nach ihrer Einbürgerung Bestandteil der natürlichen Waldgesellschaft geworden sind (Definition nach BWI).

Naturnähe-Stufe	Kriterien für die Naturnähe der Baumartenzusammensetzung (UND-Verknüpfung)			
	Anteil der Baumarten der nat. Waldgesellschaft (Haupt-, Neben-, Pionierbaumarten zusammen).	Anteil der Hauptbaumarten der nat. Waldgesellschaft	Vollständigkeit der Hauptbaumarten der nat. Waldgesellschaft	Anteil der außereuropäischen Baumarten
sehr naturnah	≥ 0,9	≥ 0,5	= 1,0	≤ 0,1
naturnah	≥ 0,75 und < 0,9	≥ 0,1 und < 0,5	< 0,1	> 0,1 und ≤ 0,3

## 7 Weiterführende Literatur

- Informationen der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft zu Waldbau: [www.lwf.bayern.de/waldbau-bergwald/waldbau/](http://www.lwf.bayern.de/waldbau-bergwald/waldbau/)
- DAS-Indikator-Factsheet FW-R-1 Mischbestände: [www.umweltbundesamt.de/fw-r-1-das-indikator](http://www.umweltbundesamt.de/fw-r-1-das-indikator)
- Albert M. & Schmidt M. 2009: Beurteilung der Anbauwürdigkeit von Baumarten unter Klimawandel mittels dreidimensionaler Ökogramme. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten - Sektion Ertragskunde, Beiträge zur Jahres-tagung 2009: 83-94. [www.nw-fva.de/~nagel/SektionErtragskunde/SektionErtragskundeBand2009.pdf](http://www.nw-fva.de/~nagel/SektionErtragskunde/SektionErtragskundeBand2009.pdf)
- Asche N. 2009: Waldstandorte im Klimawandel. Forst und Holz 64, H.9: 14-17.
- Bolte A. & Ibisch P.L. 2007: Neun Thesen zu Klimawandel, Waldbau und Waldnaturschutz, AFZ – Der Wald 11/2007: 572-576.
- Kölling C. & Ammer C. 2006: Waldumbau unter den Vorzeichen des Klimawandels. Zahlen der Bundeswaldinventur zeigen Anpassungsschwerpunkte. AFZ-DerWald. 20/2006: 1086-1089.
- Kölling C., Konnerth M., Schmidt O. 2008: Wald und Forstwirtschaft im Klima-wandel. Antworten auf 20 häufig gestellte Fragen. AFZ-DerWald 15/2008: 804-807.
- LWF – Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft 2007: Der gemischte Wald – Fit für die Zukunft. LWF Wissen 58, Freising, 64 S.
- StMUV – Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (Hrsg.) 2016: Bayerische Klima-Anpassungsstrategie. München, 218 S.
- Windisch G. 2007: Mischwald und Klimaänderung. In: LWF 2007, LWF Wissen 58: 50-54.

## 8 Anhang – Methodische Beschreibung

### Stichprobenkonzept der Bundeswaldinventur

(zitiert aus Schmitz et al 2008; Arbeitsbericht aus dem Institut für Waldökologie und Waldinventuren 2008/1, 85 Seiten; [http://literatur.ti.bund.de/digbib\\_extern/dk041201.pdf](http://literatur.ti.bund.de/digbib_extern/dk041201.pdf))

Die Bundeswaldinventur (BWI) ist eine systematische einstufige Klumpenstichprobe mit regional unterschiedlicher Stichprobendichte. Sie ist bei der BWI<sup>2</sup> (2002) in den alten Ländern eine Wiederholungsinventur, in den neuen Ländern hingegen eine Erstinventur. Bei der BWI<sup>3</sup> (2012) handelt es sich bundesweit um eine Wiederholungsinventur.

Aus den Stichprobendaten werden durch Hochrechnungen über verschiedene Ebenen Schätzwerte für die Grundgesamtheit ermittelt. Die Stichprobe wird als Zufallsauswahl betrachtet, und die systematische Anordnung der Stichprobe in Form sogenannter Trakte als elementare Aufnahmepunkte wird vernachlässigt. Die Aggregationsebenen sind in Tab. 1 beschrieben.

Tab. 1: Aggregationsebenen der BWI

Objekt	z. B.: Baum, Totholzstück, Weg, Baumart (bei der Berechnung von Baumartenanteilen in der Winkelzählprobe WZP1/2, die einen ideellen Kreis um einen Flächenmittelpunkt erfasst.)	Laufindex z, z = 1...Z
Traktecke, Plot	Vier Traktecken je Trakt, bei einem Grenztrakt (Grenze zu Ausland oder Verdichtungsgebieten oder räumlichen Einheiten) weniger	Laufindex j, j = 1...M
Cluster	Trakt oder Traktabschnitt, wenn der Trakt durch eine Grenze zwischen mehreren Ländern oder unterschiedlichen Verdichtungsgebieten geteilt wird	Laufindex i, i = 1...N innerhalb des gesamten Inventurgebietes, i = 1...n innerhalb eines Verdichtungsgebietes

Verdichtungsgebiet	Gebiet mit einheitlicher Stichprobendichte innerhalb eines Landes	Laufindex $h$ , $h = 1 \dots L$ Gesamtfläche $A_h$ (Wald und Nichtwald)
Gebiet	z. B. Deutschland, Land (= Bundesland), Wuchsgebiet, Raumregion	Gesamtfläche $A$ (Wald und Nichtwald)

Das Stichprobennetz ist durch die BWI-Verwaltungsvorschrift beschrieben. Die Stichproben (Trakte) liegen auf den Schnittpunkten eines bundesweiten Gitternetzes im 4 km x 4 km-Quadratverband.

Das Grundnetz der Stichprobe ist darauf ausgerichtet, die Ansprüche an die Genauigkeit auf Bundesebene zu erfüllen. Zur Erhöhung der Aussagefähigkeit haben einige Länder das Stichprobennetz regional verdichtet, so dass schließlich die Stichprobendichte auf 22 % der Fläche verdoppelt und auf weiteren 32 % vervierfacht wurde.

Durch die unterschiedliche Verdichtung der Stichprobe in den Ländern entstanden 20 Verdichtungsgebiete. Für diese Verdichtungsgebiete ist die Gesamtfläche (Wald und Nichtwald) [ha] für jeden Inventurzeitpunkt ( $A_{h1}$ ,  $A_{h2}$ ) und für die Schnittfläche beider Inventuren ( $A_{hV}$ ) bekannt.

Die Daten der Verdichtungsgebiete wurden zunächst für die einzelnen Länder getrennt hochgerechnet, um für Deutschland immer konsistente bzw. gegenüber Länder-Ergebnissen additive Ergebnisse zu erhalten. Diese Vorgehensweise ermöglicht flexible Auswertungen der Daten aus unterschiedlichen Verdichtungsgebieten.

Auswertungen beziehen sich i. d. R. auf Deutschland oder die Länder mit ihrer bekannten Fläche  $A_h$ . Für spezielle Auswertungen innerhalb von Verdichtungsgebieten sind die Flächen  $A_{hReg}$  der zugehörigen Verdichtungsgebiete nicht bekannt und müssen geschätzt werden (s. Tab. 2). Dazu wird zunächst ein Repräsentationsfaktor ( $Rep_h$ ) für jede Traktecke über das Verhältnis der bekannten Gesamtflächen  $A_h$  und der Summe aller innenliegenden Traktecken  $M_{hi}$  ermittelt. Anschließend wird die Gesamtfläche  $A_{hReg}$  durch Zählen der Traktecken innerhalb der Region ( $V_{Reg}$ ) und Multiplikation mit dem Repräsentationsfaktor ( $Rep_h$ ) ermittelt.

Tab. 2: Herleitung von Repräsentationsfaktor und der Gesamtfläche für Verdichtungsgebiete in Regionen

Merkmal und Maßeinheit	Formel
Gesamtfläche (Wald und Nichtwald) eines Verdichtungsgebietes innerhalb einer Region ( $ha$ )	$A_{hReg} = Rep_h \cdot \sum_{i=1}^{n_{hReg}} M_{hi}$
Repräsentationsfaktor einer Traktecke (Wald und Nichtwald) ( $ha$ )	<p>wobei</p> $Rep_h = \frac{A_h}{\sum_{i=1}^{n_h} M_{hi}}$ <p><math>n_{hReg}</math> = Anzahl der Trakte in <math>A_{hReg}</math>  <math>n_h</math> = Anzahl der Trakte in <math>A_h</math>  <math>A_{hReg} \leq A_h</math>; <math>n_{hReg} \leq n_h</math>  <math>Rep_h \approx \{100 \text{ ha}, 200 \text{ ha} \text{ oder } 400 \text{ ha}\}</math>, je nach Verdichtungsgebiet  Die Repräsentationsfaktoren unterscheiden sich wegen der unterschiedlichen Größe der Verdichtungsgebiete und innenliegenden Traktecken bei <math>BWI^1</math>, <math>BWI^2</math> und Veränderungsrechnungen.</p>

Die meisten Auswertungen werden nur für begehbaren Wald durchgeführt, da nur dort Felddaten erhoben werden konnten.



Indikatoren-Kennblatt zum Klimafolgenmonitoring

## I-NA-1 Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten

### 1 Basisinformationen

Verfasser	Bosch & Partner GmbH: Konstanze Schönthaler
Zuständigkeit	Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Letzte Aktualisierung	23.03.2017
Nächste Fortschreibung	Aufgrund der von Jahr zu Jahr wechselnden Beobachtungsstellen kann sich die Verteilung der Beobachtungsstellen auf die (klimatischen) Regionen oder auch Höhenstufen verändern. Es könnte dazu kommen, dass infolgedessen Regionen in der Auswertung übergewichtet oder untergewichtet werden. In einer Vorlage des Arbeitskreises Klima-Biomonitoring des AK Bioindikation / Wirkungsermittlung zum Präsidententreffen am 29. April 2015 ist daher die Empfehlung enthalten, dass eine Beobachtungsstelle für mindestens sieben Jahre pro Dekade Daten liefern muss, um in Auswertungen einbezogen zu werden. Diese Regelung erschwert allerdings die Fortführung einer Datenreihe (ohne erforderliche Rückkorrektur bei Datenaktualisierung). In die aktuelle Auswertung zum Indikator wurden alle Beobachtungsstellen einbezogen. In einer weiteren Analyse sollte die Verteilung der Beobachtungsstellen über die Regionen oder auch Höhenstufen und deren Veränderung über die Jahre geprüft werden, um auszuschließen, dass sich deren Gewichtung über die Jahre stark verändert.

### 2 Einordnung und Berechnung

Handlungsfeld	Naturschutz
Kategorie	Impact
Indikationsfeld	Phänologische Veränderungen bei Arten und Lebensgemeinschaften (BayKLAS-Themen: Phänologie, Ökosysteme in den Alpen)
Thematischer Teilaspekt	Phänologische Veränderungen bei Pflanzenarten (z. B. Verschiebung phänologischer Phasen bei Pflanzen, Veränderung von Zeitpunkt und Umfang von Planktonblüten)
Kurzbeschreibung des Indikators (Einheit)	Beginn (Eintrittsdatum) und Dauer von vier zusammengefassten phänologischen Jahreszeiten (Vegetationsruhe (Winter vom Jahresbeginn an), Frühling (= Vorfrühling, Erstfrühling, Vollfrühling), Sommer (= Frühsommer, Hochsommer, Spätsommer), Herbst (= Frühherbst, Vollherbst), Vegetationsruhe (= Spätherbst, Winter bis zum Jahresende) (Tag im Jahr)
Berechnungsvorschrift	Dauer der phänologischen Phase der Winters in $t_{1951-1980}$ = Mittlerer Starttag des Erstfrühling in $t_{1951-1980}$ - Mittlerer Starttag des Erstfrühlings in $t_{1951-1980}$ analog für die nachfolgenden 10-jährlich gleitenden 30-Jahreszeiträume: $t_{1961-1990}$ , $t_{1971-2000}$ etc. Dabei sind: Starttag des Frühlings = Starttag des Vorfrühlings = Summe aller Tage im Jahr, an denen an den einzelnen Stationen innerhalb Bayerns der Blühbeginn des Huflattichs gemeldet wird / Anzahl der im jeweiligen Jahr berücksichtigten Stationen Analog für alle anderen phänologischen Phasen (Sommer, Herbst, Vegetationsruhe)

	Der Start der jeweiligen phänologischen Phasen ist wie folgt definiert:		
	Phase	Zeigerpflanze und Zustand	Codierung des DWD
	(Vor-)frühling	Beginn der Blüte des Huflattichs ( <i>Tussilago farfara</i> )	Pflanzen ID: 116, Phasen ID: 5
	(Früh-)sommer	Beginn der Blüte des Schwarzen Holunders ( <i>Sambucus nigra</i> )	Pflanzen ID: 129, Phasen ID: 5
	(Früh-)herbst	Beginn der Fruchtreife des Schwarzen Holunders ( <i>Sambucus nigra</i> )	Pflanzen ID: 129, Phasen ID: 62
	Vegetationsruhe (Spätherbst)	Herbstliche Blattverfärbung der Stieleiche ( <i>Quercus robur</i> )	Pflanzen ID: 132, Phasen ID: 31
	Winter	Herbstlicher Blattfall der Stieleiche ( <i>Quercus robur</i> )	Pflanzen ID: 132, Phasen ID: 32
Hinweis: Der phänologische Winter muss mit dem Spätherbst zum Zeitraum der Vegetationsruhe zusammengeführt werden, da Daten zum Blattfall der Stieleiche, der Leitphase für den phänologischen Winterbeginn erst ab 1991 beim DWD vorhanden sind. Die Heranziehung der Blattverfärbung der Stieleiche als Startpunkt der Vegetationsruhe lässt sich stoffwechselphysiologisch begründen, da die Laubbäume zum Ende der Vegetationsperiode die zur Photosynthese notwendigen Blattfarbstoffe abbauen (LfU 2014: 29).			
Verständnis des Indikatorwerts	Zeitpunkt des Eintretens: Je höher der Indikatorwert, desto später im Jahr tritt die jeweilige phänologische Phase bzw. die Vegetationsruhe ein. Dauer: Je höher der Indikatorwert, desto länger dauert die jeweilige phänologische Phase bzw. die Vegetationsruhe.		

### 3 Begründung und Interpretation

Begründung	<p>Aufgrund des Klimawandels sind Veränderungen der biologischen Vielfalt in Deutschland zu erwarten. Hiervon können die Verbreitung und Häufigkeit von Pflanzen und Tieren, die Zusammensetzung von Lebensgemeinschaften sowie Strukturen und Funktionen von Lebensräumen betroffen sein. Bereits heute belegen statistische Auswertungen Zusammenhänge zwischen dem Klimawandel und Veränderungen der Verteilung von Arten in Raum und Zeit (z. B. PARMESAN &amp; YOHE 2003, MENZEL et al. 2006). (vgl. DAS-Indikatoren-Factsheet BD-I-1)</p> <p>Veränderungen in der Phänologie der Entwicklung von Tier- und Pflanzenarten im Jahresverlauf sind unmittelbare Anzeichen für Auswirkungen der Klimaänderungen auf Ökosysteme. Insbesondere für die Entwicklung des morphologischen und physiologischen Zustands von Pflanzen in Abhängigkeit der Jahreszeiten ist in den gemäßigten Breiten in erheblichem Maße der Temperaturverlauf verantwortlich (u. a. PARMESAN &amp; YOHE 2003, MENZEL et al. 2005, 2006). Dies gilt vor allem für die Frühjahrsphasen, die durch Blattaustrieb und Blüte gekennzeichnet sind. Dabei reagieren Pflanzen nicht ausschließlich auf die Temperatur unmittelbar bei Eintritt der phänologischen Phase, sondern auf die Summe der Temperaturen im Zeitraum vor dem Eintritt (MENZEL 2007, LfU 2014). Für die Herbstphasen, die über Fruchtreife, Blattverfärbung und Blattfall beschrieben werden, beeinflussen neben der Temperatur auch die Niederschläge den Eintritt der Phasen. Sowohl Temperatur- als auch Niederschlagsregime ändern sich mit dem Klimawandel.</p> <p>Für die biologische Vielfalt sind phänologische Veränderungen von großer Bedeutung, da sie das zeitliche Zusammenspiel zwischen Organismen entkoppeln und etablierte Interaktionsgefüge verändern können. Hierzu gehören beispielsweise Wechselwirkungen zwischen Pflanzen und deren Bestäubern oder in Räuber-Beute-Beziehungen. Dies wirkt sich auf Struktur und Funktionen von Ökosystemen aus und kann zur Gefährdung von Tier- und Pflanzenarten führen. (UBA 2016: Monitoringbericht zur DAS, ROOT &amp; HUGES 2005)</p> <p>Die phänologische Uhr stellt anschaulich dar, bei welchen phänologischen Jahreszeiten es zu einer Verfrühung oder Verspätung bzw. zu einer Phasenverlängerung oder -verkürzung kommt und wie viele Kalendertage diese Verschiebungen umfassen. Für die Bestimmung des Beginns der phänologischen Jahreszeiten wird der mittlere Eintrittstermin repräsentativer phänologischer Leitphasen (bestimmte Ereignisse in der Entwicklung ausgewählter Wildpflan-</p>
------------	---

	<p>zenarten) herangezogen, die nach dem Kriterium ihrer Sensitivität auf Temperaturveränderungen und der Verlässlichkeit der eingehenden phänologischen Meldungen ausgewählt wurden. Für den Indikator wird eine veränderte Darstellung der klassischen phänologischen Uhr gewählt, die eigentlich in Form konzentrischer Kreise angelegt ist. Die für den Indikator „aufgerollte“ Darstellung ermöglicht, mehrere Zeitpannen horizontal übereinander darzustellen und verhindert, dass die nach außen hin größer werdenden Kreissegmente den Vergleich zwischen den Zeitpannen erschweren. Der Indikator bildet sowohl die Verschiebung von Eintritt und Ende einer Phase im Jahresverlauf als auch Veränderungen der Dauer ab. Aufgrund der Datenlücke zum Eintritt des phänologischen Winters bis 1991 wird stattdessen die Vegetationsruhe indiziert, die mit dem Beginn des Spätherbstes (Blattverfärbung der Stieleiche) einsetzt und mit dem Beginn des Vorfrühlings (Beginn der Blüte des Hufattichs) endet.</p>
Schwächen	<p>Das Meldeprogramm und das Netz der phänologischen Beobachtungsstationen sind über die Jahre nicht stabil. Grundsätzlich wird darauf geachtet, dass die räumliche Repräsentanz der Stationen in jedem Jahr gegeben ist. Dies kann aber trotz der großen Anzahl der Beobachtungsstandorte nicht immer garantiert werden. Dies liegt auch darin begründet, dass das Meldeprogramm hauptsächlich von ehrenamtlichen Helfern aufrechterhalten wird und nicht von jeder Station das komplette Beobachtungsprogramm gemeldet werden kann. Für die Indikatorberechnung bedeutet dies, dass das Kollektiv jährlich wechselt. Vom Zeitraum 1951-1960 bis 2010 ist die Anzahl der aktiven Beobachtungsstationen in Bayern von 731 auf 249 zurückgegangen. (LfU 2014)</p>
Referenzen auf andere Indikatoren-systeme	<p>Klimafolgenmonitoring des Bundes: BD-I-1 Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten  Länderinitiative Kernindikatoren (LIKI): A1 Klimawandel und Vegetationsentwicklung  Klimafolgenmonitoring Baden-Württemberg: I-NA-1 Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten  Klimafolgenmonitoring Thüringen: I-NA-1 Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten  Indikatoren-system zu Klimaentwicklung und Klimawandelfolgen der Europäischen Umweltagentur: CLIM 023 Plant and fungi phenology</p>
In der BayKLAS beschriebene Klimawandelfolgen	<p>Verursacht durch den Klimawandel lässt sich bereits heute eine Verlängerung der Vegetationsperiode in Bayern feststellen. Dazu gehören Beobachtungen wie ein frühzeitiger Beginn der Blüte und des Blattaustriebs von Pflanzen sowie eine später einsetzende Laubfärbung. (S. 79)</p> <p>Die Alpen sind durch eine hohe Vielfalt an endemischen Tier- und Pflanzenarten geprägt. Der Temperaturanstieg begünstigt zum einen die Verschiebung der Lebensräume von anpassungsfähigen Tieren und Pflanzen in höhere Lagen sowie eine längere Vegetationsperiode und kürzerer Schneebedeckung mit Vorteilen für früh- und spätblühende Arten. (S. 182)</p>
Zielbezüge	Keine
Berichtspflichten	Derzeit keine

#### 4 Technische Informationen

Datenquelle	Deutscher Wetterdienst (DWD): Phänologisches Beobachtungsnetz des DWD
Räumliche Auflösung	NUTS 1
Geografische Abdeckung	Ganz Bayern
Zeitliche Auflösung	Ab 1951, 10-jährlich

Beschränkungen, Datenkosten	Keine
Aufwand	Ca. 3 Stunden für die Datenfortschreibung

## 5 Darstellung

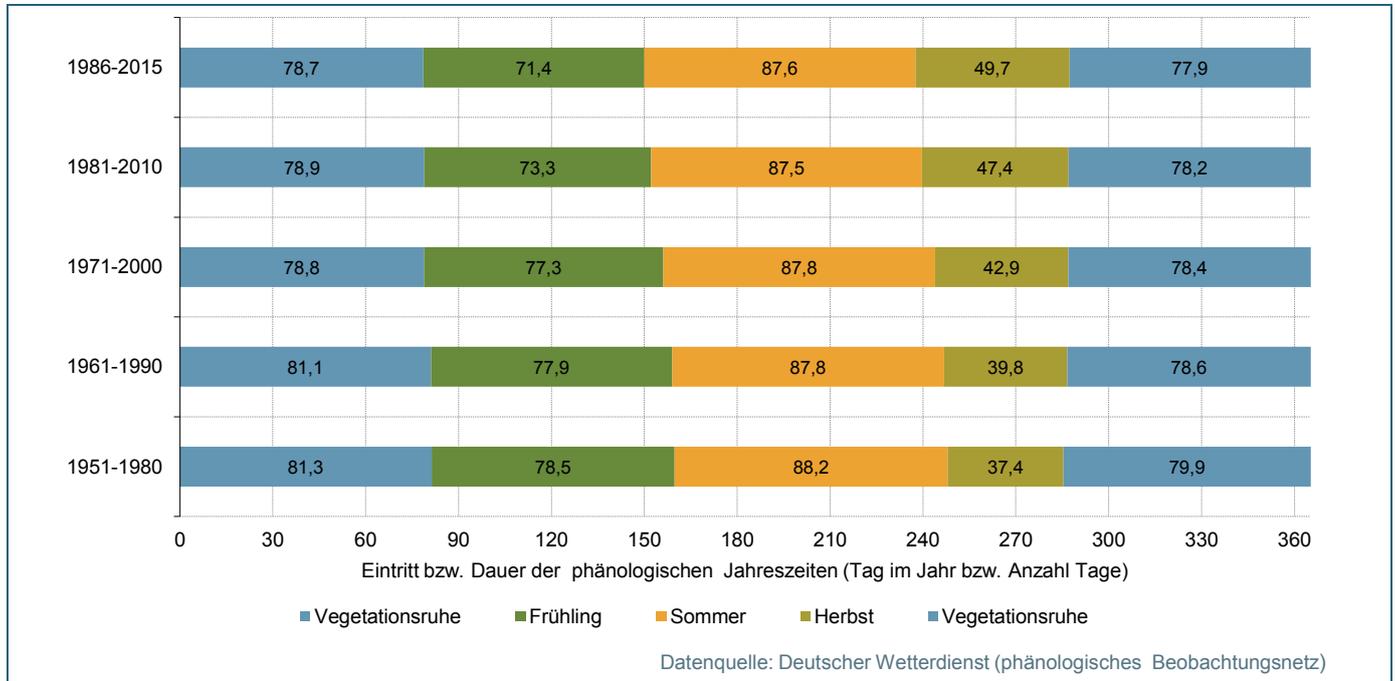


Abb. 1: Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten

## 6 Glossar

### Phänologie

Das Wort Phänologie ist dem Griechischen entlehnt und bedeutet Lehre von den Erscheinungen. In der modernen Biologie und Ökologie erfasst die Phänologie den jahreszeitlichen Entwicklungsgang von Pflanzen und Tieren, der neben endogenen Faktoren durch exogene Faktoren – insbesondere durch den Witterungsverlauf während des Jahres – gesteuert wird (DWD 2013).

### Phänologische Phase

In der Phänologie unterscheidet man verschiedene phänologische Phasen, deren Beginn durch das Eintreten bestimmter Ereignisse in der Entwicklung ausgewählter Arten angezeigt wird. Eine solche phänologische Phase ist z. B. der Beginn der Blüte einer bestimmten Pflanzenart. Zur Bestimmung der phänologischen Phasen werden weitverbreitete Wild- und Nutzpflanzen in ihrem Entwicklungsgang im Verlauf des Jahres beobachtet. Der Beginn einer phänologischen Phase wird in einem größeren Gebiet an möglichst vielen Orten und Individuen beobachtet. Im Ergebnis kann der über das Gebiet gemittelte Eintrittstag im jeweiligen Kalenderjahr berechnet werden (DWD 2013).

### Phänologische Leitphase

Der Beginn der phänologischen Jahreszeiten wird durch den Eintritt phänologischer Leitphasen bestimmt (DWD 2013). Grundsätzlich stehen für die Festlegung einer phänologischen Leitphase verschiedene phänologische Phasen zur Auswahl. So kann bspw. der Beginn des Erstfrühlings durch den Beginn der Blüte der Forsythie (*Forsythia suspensa*), den Beginn der Blüte des Buschwindröschens (*Anemone nemorosa*) oder den Beginn der Blattentfaltung der Stachelbeere (*Ribes uvacrispa*) angezeigt werden.

## Phänologische Jahreszeiten

Das phänologische Jahr wird in 10 physiologisch-biologisch begründete phänologische Jahreszeiten eingeteilt, deren Beginn durch den Eintritt ausgewählter phänologischer Phasen (Leitphasen) bestimmt wird (DWD 2013). In den gemäßigten Breiten wiederholen sich die phänologischen Jahreszeiten in einem über die Jahre hinweg regelmäßig wiederkehrenden Ablauf, wobei sich der Beginn in den einzelnen Jahren zum Teil erheblich verfrühen oder verspäten kann. Außerdem können systematische Verschiebungen der Eintrittstermine über längere Zeiträume auftreten, die bspw. durch den Klimawandel verursacht werden.

## Phänologische Uhr

Die Phänologische Uhr ist eine Darstellung des DWD, die die phänologischen Jahreszeiten – und somit den zeitlichen Vegetationsablauf, wie er im Mittel für ein bestimmtes Gebiet erwartet werden kann – beschreibt. Dabei wird jede phänologische Jahreszeit durch eine Leitphase eröffnet und endet mit dem Beginn der darauffolgenden phänologischen Jahreszeit. Für die jeweilige phänologische Jahreszeit werden das mittlere Eintrittsdatum, das mittlere Enddatum (Beginn der folgenden phänologischen Jahreszeit minus einen Tag) sowie die mittlere Dauer der Phase in Tagen angegeben (DWD 2013).

## 7 Weiterführende Literatur

- Informationen des Bayerischen Landesamts für Umwelt zu Klimabeobachtung –  
gie: [www.lfu.bayern.de/klima/klimabeobachtung/beobachtung\\_bayern/phaenologie/index.htm](http://www.lfu.bayern.de/klima/klimabeobachtung/beobachtung_bayern/phaenologie/index.htm)
- DAS-Indikatoren-Factsheet BD-I-1 Phänologische Veränderungen bei  
ten: <https://www.umweltbundesamt.de/bd-i-1-das-indikator>
- Ackermann W., Schweiger M., Sukopp U., Fuchs D., Sachteleben J. 2013: Indikatoren zur biologischen Vielfalt. Entwicklung und Bilanzierung. Naturschutz und Biologische Vielfalt, Heft 132, Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg, 229 S.
- BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 2010: Indikatorenbericht 2010 zur Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt. Eigenverlag, Berlin, 87 S.
- BMU 2013: Gemeinsam für die biologische Vielfalt. Rechenschaftsbericht 2013 zur Umsetzung der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt. Kabinettsbeschluss: 194 S. [www.bmu.de/N49866/](http://www.bmu.de/N49866/)
- DWD – Deutscher Wetterdienst (Ed.) 2013: Phänologie. Online Wetterlexikon des Deutschen Wetterdienstes. [www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?nfpb=true&pageLabel=dwdwww\\_menu2\\_wetterlexikon&nfls=false](http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?nfpb=true&pageLabel=dwdwww_menu2_wetterlexikon&nfls=false)
- LfU – Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.) 2014: Beeinflusst der Klimawandel die Jahreszeiten in Bayern – Antworten der Phänologie. UmweltSpezial, Augsburg, 35 S.
- Menzel A., Estrella N., Testka A. 2005: Temperature response rates from long-term phenological records. *Climate Research* 30: 21-28.
- Menzel A., Sparks T. H., Estrella N., Koch E., Aasa A., Ahas R., Alm-Kübler K., Bissolli P., Braslavská O., Briede A., Chmielewski F. M., Crepinsek Z., Curnel Y., Dahl Å., Defila C., Donnelly A., Filella I., Jatczak K., Måge F., Mestre A., Nordli Ø., Peñuela J., Pirinen P., Remišová V., Scheinfinger H., Stríž M., Susnik A., Van Vliet A. J. H., Wiegolaski F.-E., Zach S., Zust A. 2006: Europe-an phenological response to climate change matches the warming pattern. *Global Change Biology* 12: 1969-1976.
- Menzel A. 2007: Phänologische Modelle. *promet / Meteorologische Fortbildung*,(33) 1/2: 20-27.
- Sparks T. H., Menzel A. 2002: Observed changes in seasons: an overview. *International Journal of Climatology* 22: 1715-1725.
- Parmesan C., Yohe G. 2003: A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421: 37-42.
- Root T. L., Hughes L. 2005: Present and Future Phenological Changes in Wild Plants and Animals. In: Lovejoy T. E., Hannah L. (Ed.): *Climate Change and Biodiversity*. Yale University Press. New Haven, Conn., 418 S.
- StMUV – Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (Hrsg.) 2016: Bayerische Klimaanpassungsstrategie. München, 218 S.



Anlage 2-09 zur Machbarkeitsstudie „Indikatoren für Klimafolgen und Klimaanpassung in Bayern“

Indikatoren-Kennblatt zum Klimafolgenmonitoring

## I-NA-2 Ausbreitung der Sichelschrecke

### 1 Basisinformationen

Verfasser	Bosch & Partner GmbH: Mareike Buth
Zuständigkeit	Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), Ref. 55 Arten- und Lebensraumschutz, Vogelschutzwarte, Johannes Voith
Letzte Aktualisierung	17.03.2017
Nächste Fortschreibung	

### 2 Einordnung und Berechnung

Handlungsfeld	Naturschutz	
Kategorie	Impact	
Indikationsfeld	Arealveränderung von Arten (BayKLAS-Themen: Biodiversität, Ökosysteme in den Alpen)	
Thematischer Teilaspekt	Arealverschiebungen indigener Tier- und Pflanzenarten nach Norden und in größere Höhen; Arealverschiebungen thermophiler (z. T. (sub-)mediterraner, atlantischer, (sub-)tropischer) Florenelemente nach Norden oder Osten, in größere Höhen; Arealverkleinerung von an Kälte angepassten Tier- und Pflanzenarten	
Kurzbeschreibung des Indikators (Einheit)	Indikator I Teil A	Anzahl der Fundorte der Gemeinen Sichelschrecke ( <i>Phaneroptera falcata</i> ) oberhalb von 500 m ü. NN (Anzahl)
	Indikator I Teil B	Prozentualer Anteil der Fundorte der Gemeinen Sichelschrecke ( <i>Phaneroptera falcata</i> ) differenziert nach vier Höhenstufen (planar, kollin, montan, hochmontan) (Prozent, %)
	Indikator II	Karte: Fundorte der Gemeinen Sichelschrecke ( <i>Phaneroptera falcata</i> ) klassifiziert nach i.d.R. Fünfjahreszeiträumen
Berechnungsvorschrift	Indikator I Teil A	Anzahl der Fundorte der Gemeinen Sichelschrecke oberhalb von 500 m ü. NN: Auszählung der Fundpunkte über 500 m ü. NN jeweils für die Zeiträume: bis 1990, 1991-1995, 1996-2000, 2001-2005, 2006-2010, 2011-2015 etc.
	Indikator I Teil B	Anteil der Fundpunkte der Gemeinen Sichelschrecke in $t_{1991-1995}$ in der planaren Höhenstufe = Anzahl der Fundpunkte ausgewählter wärmeliebender Arten bis 200 m ü. NN in $t_{1991-1995}$ * 100 / Anzahl aller Fundpunkte ausgewählter wärmeliebender Arten $t_{1991-1995}$ analog für die folgenden Höhenstufen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• planar: bis 300 m</li> <li>• kollin: 301 bis 500 m</li> <li>• montan: 501 bis 1.000 m</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>hochmontan: &gt; 1.000 m</li> </ul> analog für die folgenden Zeiträume: bis 1990, 1996-2000, 2001-2005, 2006-2010, 2011-2015 etc.
	Indikator II	GIS-Darstellung der Daten
Verständnis des Indikatorwerts	Indikator I Teil A	Je höher der Indikatorwert, desto mehr Fundpunkte der Gemeinen Sichelschrecke liegen über 500 m ü. NN.
	Indikator I Teil B	Je höher der Indikatorwert, desto höher ist der Anteil der Fundpunkte aller Arten in der jeweiligen Höhenstufe.

### 3 Begründung und Interpretation

Begründung	<p>Tiere und Pflanzen sind stark abhängig vom Klima ihres Lebensraums. Verändern sich die abiotischen Umweltfaktoren sowie die Häufigkeit von Extremereignissen, hat dies langfristige Auswirkungen auf Verhalten, Fortpflanzung, Konkurrenzfähigkeit und Nahrungsbeziehungen von Arten. Folge können Verschiebungen ihrer Verbreitungsgebiete und damit der Artensammensetzung und Struktur ganzer Ökosysteme sein. So gefährdet der Klimawandel Arten, deren Verbreitungsgebiete schrumpfen oder die potenzielle neue Lebensräume nicht besiedeln können.</p> <p>Tendenziell werden sich v. a. die klimatisch geeigneten Lebensräume wärmeliebender Arten ausweiten. Sie können vom Klimawandel profitieren, während kältetolerante Arten unter Druck geraten. Außerdem legen Klimaprojektionen nahe, dass sich die Verbreitungsgebiete vieler in Deutschland vorkommender Arten nach Norden und Osten sowie in höhere Lagen der Gebirge oder entlang von Feuchtgradienten verschieben (KORN &amp; EPPEL 2006, BEIERKÜHNLEIN et al. 2014).</p> <p>Als Indikatoren für klimabedingte Veränderungen sind grundsätzlich Insektenarten geeignet, die einerseits von bestimmten Temperaturverhältnissen in ihren Lebensräumen abhängig, andererseits aber hinsichtlich ihrer Habitatansprüche möglichst wenig spezialisiert sind. Ihre Unabhängigkeit von spezifischen Lebensraumbedingungen ermöglicht es ihnen, sich mit den steigenden Temperaturen weiträumig auszubreiten. Insekten hingegen, die beispielsweise auf bestimmte Pflanzen angewiesen sind, können ihren Lebensraum nur in dem Maße erweitern, in dem es auch die Pflanzen können, von denen sie abhängen. Für die Auswahl des Indikators ist zudem die Verfügbarkeit von Verbreitungsdaten entscheidend. Unter diesen Voraussetzungen wurde für das Bayerische Klimaanpassungsindikatorensystem die Gemeine Sichelschrecke (<i>Phaneroptera falcata</i>) als Indikator ausgewählt.</p> <p>Die Gemeine Sichelschrecke lebt in Mittel- und Südeuropa. Sie bevorzugt wärmere Regionen und war ursprünglich vor allem aus Gegenden wie dem Rheintal, der Bodenseeregion und dem Thüringer Becken bekannt. Auch im Nordwesten Bayerns ist die Gemeine Sichelschrecke heimisch. In den 1980er Jahren war die Heuschrecke vom Süden kommend bis Köln und Mittelhessen verbreitet. Mitte der 1990er Jahre gab es bereits Funde in Nordhessen. Inzwischen wurde die Gemeine Sichelschrecke sogar in Niedersachsen und Schleswig-Holstein nachgewiesen. (WIMMER 2010, NABU 2012)</p> <p>In Bayern breitet sich die Sichelschrecke – einhergehend mit der Klimaerwärmung – nach Süden und Osten und damit in höhere Lagen aus. Im ursprünglich zu kühlen Alpenvorland beispielsweise, in dem sie in den 1990er Jahren noch nicht heimisch war, wurden in den vergangenen Jahren zunehmend Exemplare gefunden. Der Indikator I zeigt daher die Anzahl der Funde oberhalb von 500 m ü. NN. In diesem montanen und hochmontanen Bereich lebte die Sichelschrecke bis in die 2010er Jahre nur vereinzelt. Der überwiegende Teil der Fundorte in Bayern liegt noch immer zwischen 200 und 500 m. ü. NN.</p> <p>Der Indikator II stellt zusätzlich alle Fundorte in einer Karte dar, um aufzuzeigen, in welchen Regionen sich die Sichelschrecke ansiedelt. Dieser Indikator zeigt, dass sich der Lebensraum der Heuschrecke seit der Jahrtausendwende stark ausgedehnt hat. Zu sehen ist aber auch, dass es schon vorher einzelne Funde im Süden und Osten Bayerns gab.</p>
------------	---

Schwächen	<p>Dem Datensatz liegt kein systematisches, langfristiges Monitoring zugrunde. Das heißt, dass die Anzahl der Funde auch vom Engagement und von Projekten der häufig ehrenamtlichen Kartierer abhängt. So kann es z. B. vorkommen, dass einzelne Arten im Zuge eines Projekts vorübergehend sehr gründlich erhoben werden und die Anzahl der Meldungen nach Abschluss des Projektes einbricht.</p> <p>Die Höhenstufen werden nur näherungsweise bezeichnet. Es gibt für sie keine allgemeingültigen Definitionen, da die Grenzen der Höhenstufen u. a. von der geographischen Lage abhängig sind.</p>
Referenzen auf andere Indikatoren-systeme	<p>Klimafolgenmonitoring des Bundes: FI-I-1 Verbreitung warmadaptierter mariner Arten, FI-I-2 Vorkommen wärmeliebender Arten in Binnengewässern</p> <p>Klimafolgenmonitoring Baden-Württemberg: I-NA-2 Ausbreitung wärmeliebender Tierarten (Schwerpunkt Insekten)</p> <p>Klimafolgenmonitoring Thüringen: I-NA-2 Community Temperature Index für Libellen</p> <p>Klimafolgenmonitoring Sachsen: I-N2 Arealveränderungen klimasensitiver Arten</p> <p>Indikatorensystem zu Klimaentwicklung und Klimawandelfolgen der Europäischen Umweltagentur: CLIM 022 Distribution of plant species, CLIM 024 Distribution and abundance of animal species</p>
In der BayKLAS beschriebene Klimawandelfolgen	<p>Infolge wärmerer Temperaturen, milderer Winter und zunehmender Trockenphasen im Sommerhalbjahr ist in Bayern eine Ausbreitung von wärme- und trockenheitsliebenden Arten zu erwarten. Hinzu kommt eine Verdrängung und Arealveränderung einheimischer Arten durch Ausbreitung von Neobiota (Neophyten, Neozoen), die vom Klimawandel begünstigt wird. (S. 78)</p> <p>Die Alpen sind durch eine hohe Vielfalt an endemischen Tier- und Pflanzenarten geprägt. Der Temperaturanstieg begünstigt zum einen die Verschiebung der Lebensräume von anpassungsfähigen Tieren und Pflanzen in höhere Lagen sowie eine längere Vegetationsperiode und kürzerer Schneebedeckung mit Vorteilen für früh- und spätblühende Arten. Allerdings ist dies, mit zunehmender Höhe, auch mit einem zunehmenden Nettoflächenverlust verbunden. Tiere und Pflanzen mit geringem Ausbreitungspotenzial und geringen Ausweichmöglichkeiten sind besonders gefährdet. Auch eine Verschiebung für Arten der kühlen und nivalen Zone nahe den Gipfellagen in höhere Lagen ist begrenzt möglich. Insbesondere über der Baumgrenze werden hohe Biotopverluste und eine zunehmende Verinselung der Populationen von Hochgebirgsarten erwartet (BMU 2008). (S. 182)</p>
Zielbezüge, Maßnahmen	<p>Artenmonitoring nach Art. 11 FFH-RL z. B. Geobotanisches Langzeitmonitoring, Monitoring ausgewählter, besonders klimasensitiver Arten, in Bayern endemischer Arten sowie invasiver Arten hinsichtlich Dynamik und Gefahrenpotenzial, Monitoring von Arten, die in Bayern ihren Verbreitungsschwerpunkt haben (AS_01)</p> <p>Maßnahmen gegen invasive Neobiota, insbesondere dort, wo sie seltene und gefährdete Lebensraumtypen und deren Arten bedrohen oder gesundheitliche Risiken bedingen (AS_08)</p> <p>Problemorientierte bayernweite Bestandserfassung ausgewählter Neozonen z. B. Überwachung der Krebspest, die einheimischen Steinkrebs massiv bedroht (AS_09)</p>
Berichtspflichten	Derzeit keine

#### 4 Technische Informationen

Datenquelle	Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU): Artenschutzkartierung Bayern
Räumliche Auflösung	NUTS 1
Geografische Abdeckung	Ganz Bayern
Zeitliche	Bis 1990, ab 1991 alle 5 Jahre

Auflösung	
Beschränkungen, Datenkosten	Keine
Aufwand	Ca. 4 Std. für die Datenfortschreibung

## 5 Darstellung

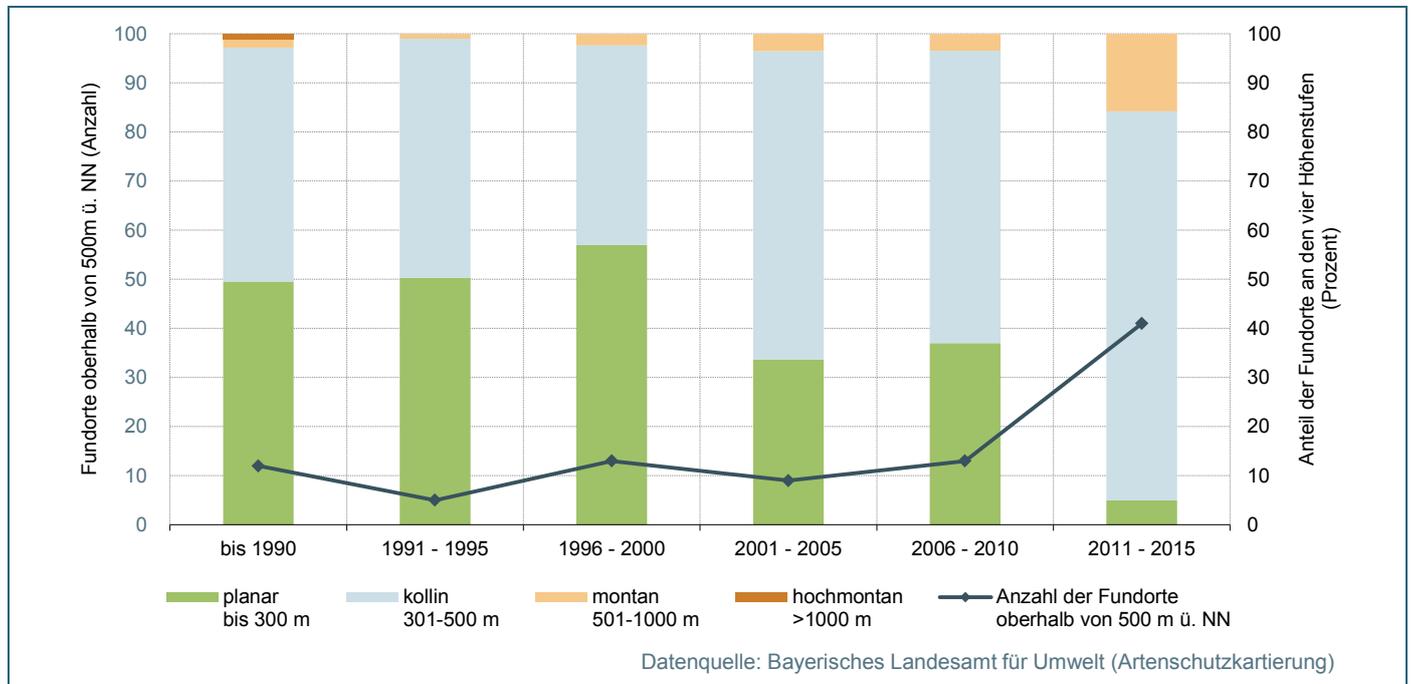


Abb. 1: Indikator I – Ausbreitung der Gemeinen Sichelschrecke

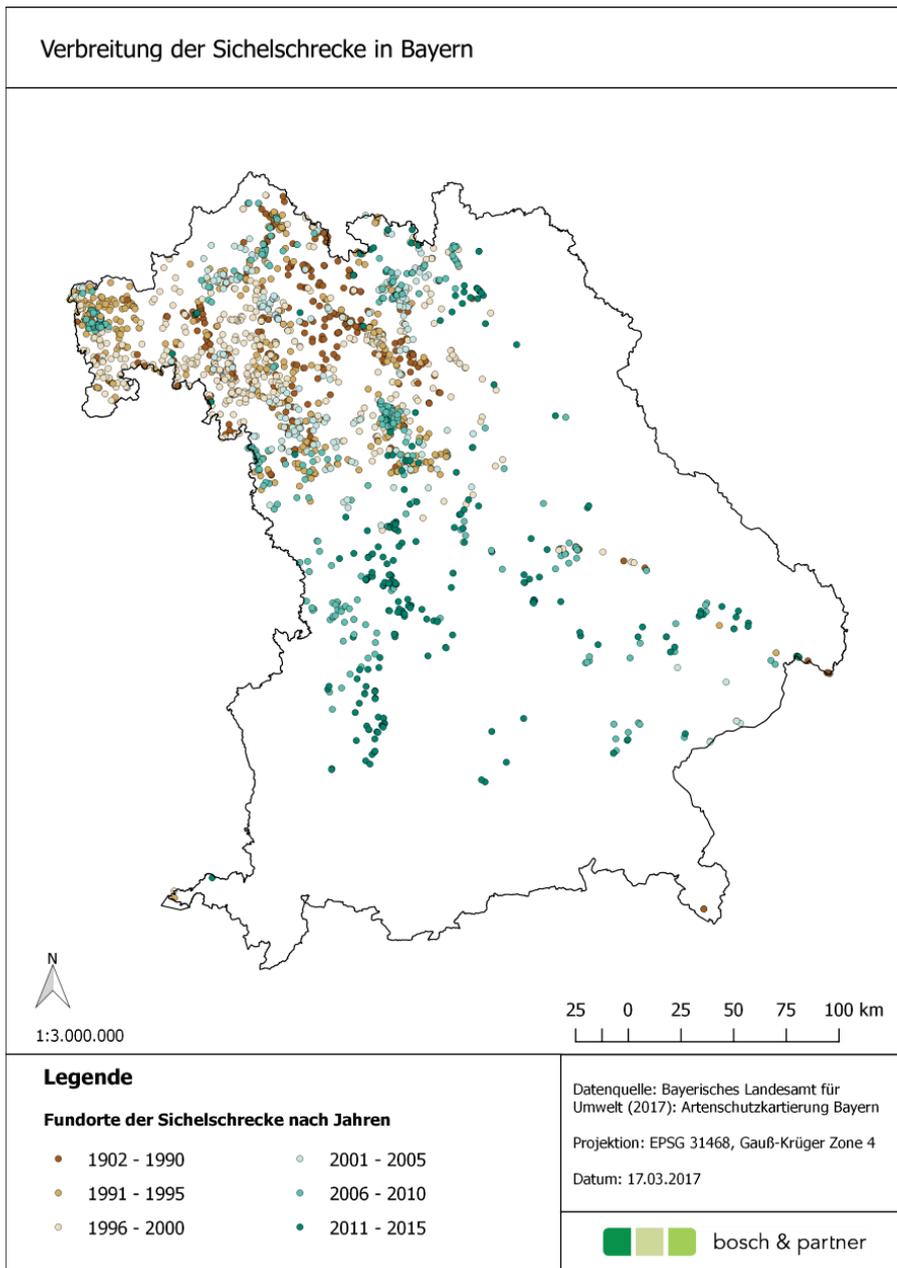


Abb. 2:  
Indikator II – Verbreitung der  
Gemeinen Sichelschrecke

## 6 Weiterführende Literatur

- BayStMUV – Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (Hrsg.) 2016: Bayerische Klima-Anpassungsstrategie. München, 218 S.
- Beierkuhnlein C., Jentsch A., Schlumprecht H., Reineking B., Ellwanger G. 2014: Auswirkungen des Klimawandels auf Fauna, Flora und Lebensräume sowie Anpassungsstrategien des Naturschutzes. Naturschutz und Biologische Vielfalt 137. Bonn-Bad Godesberg.
- NABU (Hrsg.) 2012: Tierische Einwanderer im Zeichen des Klimawandels. Pressemitteilung der NABU Wald-dörfer.
- Pfeifer M. A. 2012: Heuschrecken und Klimawandel. Ausbreitung vor allem südlicher Fang- und Heuschrecken-arten in Rheinland-Pfalz. In: Naturschutz und Landschaftsplanung, Heft 44 (7), 2012: 205-212.
- Wimmer W. 2010: Arten im Klimawandel. Der Vormarsch der Streifenwanze. In: Umweltzeitung, Heft 5/2010: 20-22.



Anlage 2-10 zur Machbarkeitsstudie „Indikatoren für Klimafolgen und Klimaanpassung in Bayern“

Indikatoren-Kennblatt zum Klimafolgenmonitoring

## I-BO-4 Humusentwicklung

### 1 Basisinformationen

Verfasser	Bosch & Partner GmbH: Konstanze Schönthaler, Mareike Buth
Zuständigkeit	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Arbeitsgruppe Humushaushalt und Umwelt-Mikrobiologie: Dr. Martin Wiesmeier, Mitarbeit (Technische Universität München, Lehrstuhl für Bodenkunde): Dr. Anna Kühnel
Letzte Aktualisierung	23.03.2017
Nächste Fortschreibung	<p>Neben den Humusuntersuchungen in Grünlandböden liegen auch die Daten zu den Ackerböden vor, sie sind aber durch die LfL noch nicht ausgewertet. Sobald die Auswertungen vorliegen, ist ein Indikator II nach dem gleichen Muster wie Indikator I zu ergänzen.</p> <p>Ferner wird derzeit geprüft, ob über den Gesamtvorrat hinaus die Untersuchungen auch Aussagen zulassen, inwieweit einzelne Humusfraktionen (z. B. labile oder stabile) empfindlicher auf Veränderungen reagieren und in Zukunft gezielter beobachtet werden könnten. Die Ergebnisse hierzu könnten bei einer Fortschreibung des Indikators berücksichtigt werden.</p> <p>Perspektivisch können für Ackerstandorte in Bayern auch die Daten aus der Humusdatenbank von Interesse sein. Derzeit läuft nach der Ersterhebung vor zehn Jahren die Wiederholungserhebung auf ca. 450 Standorten im Einzugsbereich unterschiedlicher AELF, die 2018 abgeschlossen sein soll. Diese Untersuchungen versprechen perspektivisch eine hohe Repräsentativität der Ergebnisse und können für eine Indikatorfortschreibung von Interesse sein.</p>

### 2 Einordnung und Berechnung

Handlungsfeld	Bodenschutz und Georisiken	
Kategorie	Impact	
Indikationsfeld	Bodenstruktur (BayKLAS-Themen: Bodenerosion und Bodenschadverdichtung, Georisiken)	
Thematischer Teilaspekt	Veränderung von Bodengefüge und Humusstruktur	
Kurzbeschreibung des Indikators (Einheit)	Indikator I Teil A	Mittelwert und Standardabweichung der Kohlenstoffvorräte in Grünland-Böden mit hohen Kohlenstoffausgangsgelalten
	Indikator I Teil B	Mittelwert und Standardabweichung der Kohlenstoffvorräte in Grünland-Böden mit geringen Kohlenstoffausgangsgelalten
	Indikator II	Wie Indikator I auf Ackerflächen
Berechnungsvorschrift	Indikator I Teil A	Direkte Übernahme der Daten aus den Auswertungen der LfL Als Böden mit hohen Ausgangsgelalten von Kohlenstoff gelten Böden mit > 53,059 g Kohlenstoff / kg Boden.
	Indikator I Teil B	Direkte Übernahme der Daten aus den Auswertungen der LfL Als Böden mit geringen Ausgangsgelalten von Kohlenstoff gelten Böden mit

		≤ 53,059 g Kohlenstoff / kg Boden.
	Indikator II	Wie Indikator I auf Ackerflächen
Verständnis des Indikatorwerts	Indikatoren I und II Teile A, B	Je höher der Indikatorwert, desto höher sind die Humusvorräte.

### 3 Begründung und Interpretation

Begründung	<p>Zwischen Klimaveränderungen und dem Humusvorrat bzw. seinem wichtigsten Bestandteil, dem organischen Bodenkohlenstoff (<math>C_{org}</math>), gibt es vielfältige Wechselwirkungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klima und Witterung haben Einfluss auf Humusbildung und -abbau im Boden.</li> <li>• Humus bzw. der organische Kohlenstoff im Boden ist ein wichtiger Bestandteil des globalen Kohlenstoffkreislaufs; Aufbau- und Abbauprozesse von organischem Bodenkohlenstoff entscheiden, ob Böden Senken oder Quellen von <math>CO_2</math> sind.</li> <li>• Humus spielt eine herausragende Rolle für die Bodenqualität. Humusreiche Böden sind i. d. R. ertragsreicher und können mehr Wasser aufnehmen und halten. Man kann daher davon ausgehen, dass die Sicherung einer optimalen Humusversorgung ein wesentlicher Baustein zur Anpassung der Böden an die Folgen des Klimawandels ist.</li> </ul> <p>Der Impact-Indikator fokussiert auf den oben beschriebenen ersten Sachverhalt. Dennoch werden im Folgenden zur richtigen Einordnung des Indikators auch die beiden folgenden Wechselwirkungen erläutert. (vgl. DAS-Indikator-Factsheet BO-R-1)</p> <p><b>Zu 1:</b> Einfluss von Klima und Witterung auf den Humushaushalt</p> <p>Das Klima bzw. die Witterung spielt eine wichtige Rolle bei Auf- und Abbauprozessen von Humus. Erhöhte Jahresmitteltemperaturen bewirken in der Regel eine Erhöhung der mikrobiellen Aktivität im Boden. Zudem verlängert sich möglicherweise die Dauer der Aktivität der Bodenmikroorganismen durch den Klimawandel im Jahresverlauf. Eine verstärkte mikrobielle Aktivität verursacht eine Erhöhung der Mineralisation und führt zu einem verstärkten Abbau der organischen Bodensubstanz. Der Umfang des damit verbundenen Humusschwunds ist stark abhängig von Temperatur und Feuchtegehalt des Bodens. Außerdem können den Böden durch das prognostizierte steigende Erosionsrisiko über den Abtrag des oberflächennahen Materials relevante Mengen an Humus verloren gehen (KAUFMANN-BOLL et al. 2011, LA-BO 2010). Zugleich wird diskutiert, dass die Primärproduktion der Pflanzen bei klimatisch bedingt günstigeren Standorteigenschaften ansteigen kann und damit dem Boden auch verstärkt organisches Material zugeführt wird (KAUFMANN-BOLL et al. 2011). Es wird vermutet, dass dieser gegenläufige Prozess die durch die verstärkte Mineralisation bedingten Humusverluste in gewisser Weise kompensieren könnte (GOTTSCHALK et al. 2012). Zumindest für landwirtschaftlich genutzte Böden bestehen allerdings erhebliche Zweifel, ob es durch den Klimawandel zu einem erhöhten Eintrag organischen Materials kommt, da es deutliche Anzeichen für eine Stagnation von Ernteerträgen gibt, die direkt mit der Menge eingetragenen organischen Materials zusammenhängen. In Bayern stagnieren die Erträge zahlreicher Kulturen, insbesondere Getreide, seit etwa Mitte der 1990er Jahre, was vermutlich mit einem stagnierenden Eintrag organischen Materials in Böden verbunden ist (WIESMEIER et al. 2014, 2015). Da sich die erwähnten Prozesse nur schwer quantifizieren lassen, kann zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch keine verlässliche Prognose hinsichtlich der Entwicklung der Humusvorräte gestellt werden. Auch ClimSoil (SCHILS et al. 2008) berichtet nicht über einen eindeutigen und klar gerichteten Effekt des Klimawandels auf den organischen Kohlenstoffvorrat von mineralischen Böden (teilweise sich überlagernde Einflüsse von Temperaturanstieg, erhöhten <math>CO_2</math>-Konzentrationen, veränderten Niederschlags- und Grundwasserverhältnissen). Hinzu kommt, dass humusdynamische Prozesse in ackerbaulichen Ökosystemen grundsätzlich sehr langsam und langfristig ablaufen. Auch aus diesem Grunde sind entsprechende Projektionen nur in begrenztem Umfang möglich (WESSOLEK et al. 2008).</p>
------------	--

Ein erster Ansatz einer Modellierung der Humusentwicklung in bayerischen Acker- und Grünlandböden im 21. Jahrhundert zeigte unter verschiedenen Ertragsszenarien und einem gemäßigten Klimaszenario einen generellen Rückgang der Humusvorräte (WIESMEIER et al. 2016). Für belastbare Ergebnisse sind jedoch weitere Daten, insbesondere zum Eintrag organischen Materials in Böden, notwendig.

Die größten Veränderungen des Humusstatus als Folge von Klimaveränderungen werden jedoch vermutlich durch sich ändernde Nutzungen, also auf indirektem Weg induziert (WESOLEK & ASSENG 2006). Dies gilt in besonderer Weise für landwirtschaftlich genutzte Böden. Dabei sind wesentlich die Nutzungsform (z. B. Grünland oder Acker) und die Nutzungspraktiken (z. B. Fruchtfolgen, Düngepraxis und Umgang mit Ernte- und Wurzelrückständen und Zwischenfrüchten) angesprochen (LABO 2010). Eine Quantifizierung des Klimawandeleinflusses auf die Entwicklung der Humusvorräte erscheint vor diesem Hintergrund außerordentlich schwierig (Capriel 2013). Für Waldstandorte in den bayerischen Alpen ist dieser Einfluss allerdings inzwischen nachgewiesen worden (PRIETZEL et al. 2016). Anhand zweier Datenserien (1976-2010 und 1987-2011) wurde eine 14 %ige Abnahme des Vorrats an organischem Kohlenstoff im Oberboden nachgewiesen, der eng mit hohen Sommertemperaturen und Bodentemperaturen korrelierte. Am stärksten war der Rückgang in Waldböden mit hohen Ausgangsvorräten ( $> 8 \text{ kg C}_{\text{org}}/\text{m}^2$ ) auf basischen Ausgangsgesteinen und in Höhenlagen unter 1.150 m ü.NN. In den ebenfalls untersuchten alpinen Grünlandböden konnte hingegen kein signifikanter Rückgang der Humusvorräte festgestellt werden. In diesen Böden ist der Humus zu höheren Anteilen in stabilen Fraktionen gebunden.

#### **Zu 2:** Humus als Bestandteil des globalen Kohlenstoffkreislaufs

In den Böden der Welt sind gegenwärtig insgesamt ca. 1.460 Milliarden Tonnen Kohlenstoff gespeichert, womit Böden den größten terrestrischen Kohlenstoffspeicher der Erde darstellen (SCHARLEMANN et al. 2014). Sowohl land- als auch forstwirtschaftlich genutzte Böden haben schon allein aufgrund ihrer Flächenausdehnung ein immenses Potenzial zur Kohlenstoffspeicherung (WIESMEIER, 2014). Aufgrund dieser immensen Kohlenstoffvorräte in Böden sowie des Ausmaßes der  $\text{CO}_2$ -Flüsse zwischen Boden und Atmosphäre können bereits geringfügige Änderungen im  $\text{C}_{\text{org}}$ -Gehalt der Böden erhebliche Auswirkungen auf das Klima und die Bodenqualität haben (SCHILS et al. 2008, LABO 2010). Insbesondere für organische Böden und hier insbesondere die Moore, die große Senken von Kohlenstoff sein können, besteht die Gefahr, dass sie sich infolge von Veränderungen von Management oder Bewirtschaftung (z. B. Moorkultivierung, Grünlandumbruch oder Drainierung) oder durch klimatische Veränderungen (Austrocknung oder Auftauen) zu Quellen von  $\text{CO}_2$ -Emissionen entwickeln (BaySt-MUV 2015: 70).

#### **Zu 3:** Sicherung einer optimalen Humusversorgung als Beitrag zur Anpassung der Böden an die Folgen des Klimawandels

Humus hat immense Bedeutung für die Funktionalität von Böden. Eine ausreichende Humusversorgung ackerbaulich genutzter Böden dient der nachhaltigen Sicherung ihrer Produktivität. Humus beeinflusst die physikalischen, chemischen und biologischen Bodenfunktionen. Hierzu zählen die Speicherung von Nährstoffen und Wasser, das Filter- und Puffervermögen, die biologische Aktivität sowie das Bodengefüge (Förderung der Aggregatstabilität, positive Beeinflussung des Luft- und Wasserhaushalts, Schutz vor Schadverdichtung und Erosion). Landwirtschaftlich genutzte Böden mit „optimaler“ Humusversorgung sind daher aus derzeitiger Sicht besser auf die steigenden Klimafolgen-Risiken u. a. von Starkregen und Austrocknung etc. vorbereitet als solche mit beispielsweise standortgemäß zu niedrigen Gehalten (CAPRIEL 2010). Das Ziel einer Stabilisierung der Böden durch optimale Humusversorgung deckt sich auch mit gleichlautenden Zielformulierungen u. a. im BBodSchG.

Vor allem auf tonarmen Sandböden sind die gefügestabilisierenden Funktionen des Humus von großer Bedeutung für die Fruchtbarkeit. Auf sandigen Standorten trägt der Humus ganz wesentlich zum Nähr- und Schadstoffbindungsvermögen der Böden bei und verbessert deren Wasserspeicherkapazität. Allerdings können zu hohe Humuszufuhren auch nachteilige Auswirkungen haben. In Folge des hohen Mineralisierungspotenzials kann es zu Schadstoff-Austrägen in die Hydro- und Atmosphäre kommen. Anzustreben ist daher eine „optimale Humusversorgung“, die zwischen den Eckpunkten einer Über- und Unterversorgung liegt, aber standortabhängig unterschiedlich zu definieren ist. Es kann davon ausgegangen werden, dass eine optimale Humusversorgung erheblich dazu beitragen kann, die Böden auf die zu erwar-

	<p>tenden Klimaveränderungen und deren Folgen wie u. a. vermehrte sommerliche Austrocknung oder auch erhöhtes Erosionsrisiko vorzubereiten (LABO 2010).</p> <p>Eine systematische, quantitative Analyse der Zusammenhänge zwischen Humusgehalt und Bodenfunktionen liegt bisher allerdings nur für Teilfunktionen wie die Wasserspeicherung und die Kationenaustauschkapazität, jedoch noch keineswegs für alle relevanten Bodenfunktionen vor. Dies liegt auch darin begründet, dass die Zusammenhänge zwischen Bodenfunktionen und der organischen Substanz i. d. R. weniger auf den Gesamtgehalten basieren als auf einzelnen Humusfraktionen. So dient z. B. insbesondere die leicht abbaubare organische Substanz als Lebensgrundlage für Bodenorganismen und daran geknüpfte Prozesse (Aggregation, Abbau organischer Schadstoffe, Nährstofffreisetzung). Schwerer abbaubare, stabilisierte organische Bodensubstanz ist besonders wichtig für die Sorption von Kationen und organischen Schadstoffen. Diese Komplexität der Zusammenhänge ist der Grund dafür, dass es bis heute noch keine belastbaren, an Bodenfunktionen und Standorttypen orientierten Angaben zu Optimalgehalten organischer Substanz in Böden gibt (WESSOLEK et al. 2008).</p> <p>Die Daten, die Grundlage dieses Indikators sind, stammen aus der landwirtschaftlichen Bodendauerbeobachtung (BDF) in Bayern. Von jedem der insgesamt 21 Grünlandstandorte, die in die Berechnung einfließen, wurden pro Beprobung Mischproben aus den ersten 10 cm gezogen. Berechnet wurden dann die <math>C_{org}</math>-Vorräte für eine Tiefe von 10 cm. Die Vorräte sind im Gegensatz zu <math>C_{org}</math>-Gehalten aussagekräftiger, da Gehalte nur bedingt Rückschlüsse auf quantitative Veränderungen zulassen. In Ackerböden kann es beispielsweise durch eine veränderte Tiefe der Bodenbearbeitung zu Verdünnungseffekten und damit zu einer Veränderung der <math>C_{org}</math>-Gehalte kommen, ohne dass eine quantitative Veränderung des Humusvorrats eintritt (WIESMEIER et al. 2012).</p> <p>Die Daten werden differenziert für Böden mit hohen und niedrigen Ausgangsgehalten von Humus ausgewertet und dargestellt, da die Analysen gezeigt haben, dass sich die Entwicklungen unter diesen beiden Ausgangsbedingungen deutlich unterscheiden. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch PRIETZEL et al. (2016) für Waldböden und extensiv genutzten Grünlandböden in den bayerischen Alpen.</p> <p>Zusätzlich zu den Mittelwerten wird die Standardabweichung abgebildet, um die Streubreite der Werte darzustellen. Dies ist Reaktion auf die Messunsicherheiten bei der Bestimmung der Humusvorräte und die unterschiedlichen Standortvoraussetzungen, die unterschiedliche Humusvorräte bedingen.</p>
Schwächen	<p>Die Erhebungen zum <math>C_{org}</math>-Gehalt sind grundsätzlich mit größeren methodischen Unsicherheiten behaftet. Grundsätzlich sind die Messergebnisse stark von der Probenahme abhängig und können auch auf kleinräumiger Ebene deutlich variieren. Die zwischen den Erhebungen ermittelten Änderungen bewegen sich teilweise im Bereich von Messungenauigkeiten. Ferner besteht dringender Bedarf, unterschiedlich stabile C-Fractionen regelhaft in die Monitoringprogramme zu integrieren.</p>
Referenzen auf andere Indikatoren-systeme	<p>Klimafolgenmonitoring des Bundes: FW-R-5 Humusvorrat in forstlichen Böden, BO-R-1 Humusgehalte von Ackerböden, BO-R-3 Fläche organischer Böden</p> <p>Indikatorensystem zu Klimaentwicklung und Klimawandelfolgen der Europäischen Umweltagentur: CLIM 027 Soil organic carbon (Prozentualer Anteil von organischem Kohlenstoff im Oberboden in Europa)</p>
In der BayKLAS beschriebene Klimawandel-folgen	<p>Andererseits könnten höhere Temperaturen zu einer Abnahme der Bodenumusgehalte und damit zu einer Gefährdung der Bodenfruchtbarkeit und anderen Bodenfunktionen führen. (S. 54)</p> <p>Generell führen Veränderungen im Bodenwasser- und Bodenwärmehaushalt aufgrund geänderter physikalischer, chemischer und biologischer Prozesse zu Veränderungen der Filter-, Puffer- und <math>CO_2</math>-Speicherfunktionen im Boden. In Abhängigkeit der Bodennutzung und -bewirtschaftung bestehen außerdem Auswirkungen auf Bodenorganismen und dadurch bedingte Umsetzungsprozesse sowie die Bodenfruchtbarkeit. (S. 97)</p> <p>Des Weiteren wird von einem zunehmenden temperaturbedingten Abbau von Torf und Humus im Oberboden und somit erhöhten <math>CO_2</math>-Austrägen ausgegangen (LABO 2010, LfU 2014). Insbesondere im geeigneten Relief wie den Alpen, Mittelgebirgen oder dem Alpenvorland führt</p>

	dies zu einer Destabilisierung des Bodengefüges sowie einer verminderten Wasserspeicher- und Infiltrationskapazität, die durch trocknungsbedingte Benetzungshemmung verstärkt wird. Bei Wasserüberschuss bzw. Sauerstoffmangel kann es dagegen zu einer Humusanreicherung kommen. (S. 95-96)
Zielbezüge, Maßnahmen	Entwicklung von Kriterien für die Anpassung der Landnutzung zum Schutz vor klimabedingt möglicherweise zunehmender Bodenerosion, Humusabbau und Strukturveränderungen (PW_08) Gewährleistung der Humusreproduktion durch Belassen von Ernteresten auf dem Feld, Zufuhr organischer Substanz über Düngung, Zwischenfrüchte und angepasste Fruchtfolge (PW_25) Bindung von Kohlenstoff und Stickstoff in Böden durch angepasste Landnutzungstechniken, Förderung der Moorrenaturierung und gezielte Humuswirtschaft (BS_08) Flächendeckende Bestimmung der Eigenschaften von Böden klimatischer Risikogebiete z. B. potenziell pflanzenverfügbares Wasser (nFK), Erosionsgefährdung, Humusgehalte (BS_10)
Berichtspflichten	Im Rahmen der Umsetzung der Direktzahlungen-Verpflichtungen-Verordnung (DirektZahlVerpflV) müssen die Bezieher von landwirtschaftlichen Direktzahlungen nach § 3 einen Nachweis zur Erhaltung der organischen Substanz und zum Schutz der Bodenstruktur leisten.

#### 4 Technische Informationen

Datenquelle	Bayerisches Landesamt für Landwirtschaft, Arbeitsgruppe Humushaushalt und Umwelt-Mikrobiologie: Auswertungen zu Erhebungen auf Boden-Dauerbeobachtungsflächen
Räumliche Auflösung	NUTS 1
Geografische Abdeckung	Ganz Bayern
Zeitliche Auflösung	Bisher 1986-1987, 1989-1993, 1996-1999, 2005-2007, 2012 in unregelmäßigen Abständen nächste Erhebungsperiode: 2015-2016 In der Zeitreihe wird jeweils das erste Jahr der Erhebungsphase angegeben, da in diesem Jahr i. d. R. die überwiegende Zahl der Flächen beprobt werden.
Beschränkungen, Datenkosten	Keine
Aufwand	Ca. 4 Stunden für Datenfortschreibung

## 5 Darstellung

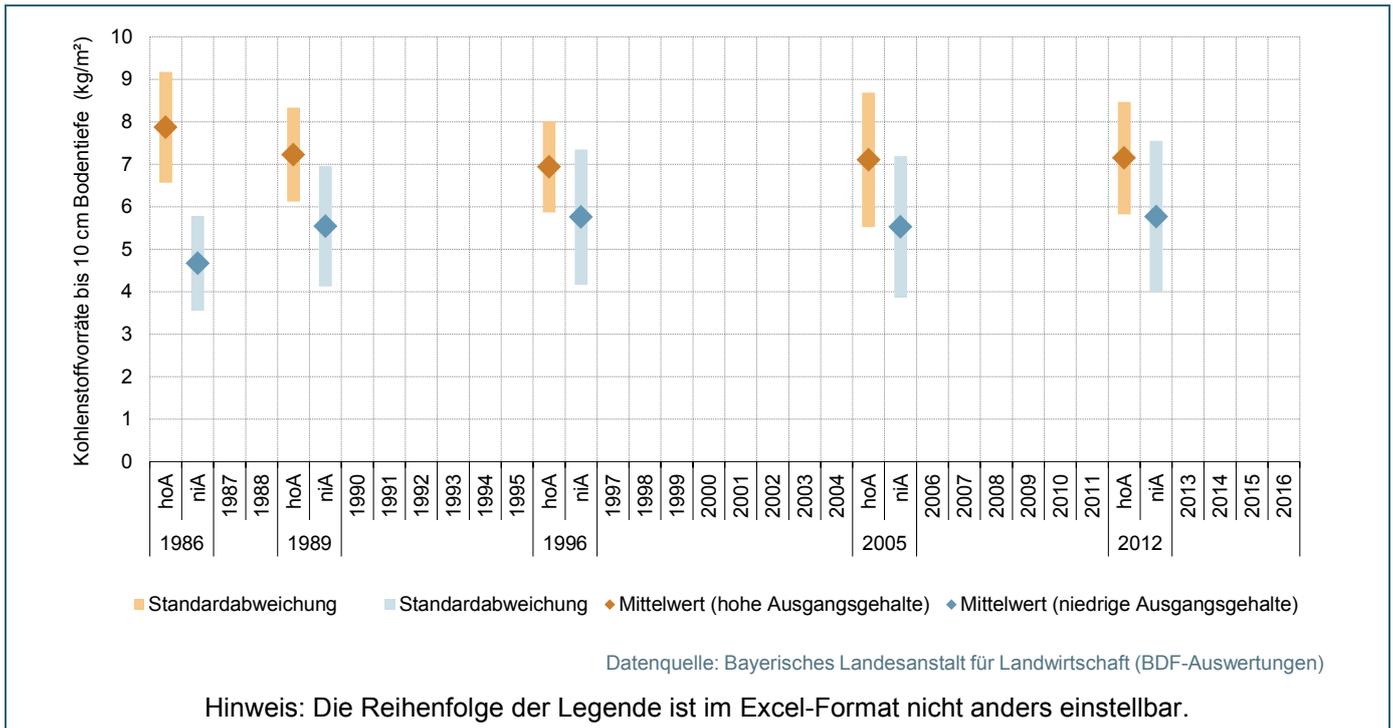


Abb. 1: Humusentwicklung – Kohlenstoffvorrat auf Grünlandflächen

## 6 Glossar

### Humus

Zur organischen Substanz der Böden gehören alle in und auf dem Boden befindlichen abgestorbenen pflanzlichen und tierischen Stoffe sowie deren organische Umwandlungsprodukte. Die Gesamtheit der toten organischen Substanz bildet den Humus. Der Humuskörper durchsetzt im Boden teils den Mineralkörper, teils bedeckt er diesen als Auflagehumus (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002). Die stoffliche Beschaffenheit des Humus und seine Zusammensetzung sind sehr heterogen. Die Bedeutung des Humus liegt in der komplexen Beeinflussung nahezu aller Bodeneigenschaften und -funktionen. Er ist eine langsam fließende Nährstoffquelle für die Pflanzen. Durch mikrobiellen Abbau der Humusbestandteile werden organisch gebundene Elemente (Kohlenstoff, Stickstoff, Phosphor, Schwefel, Sauerstoff) in pflanzenaufnehmbare Verbindungen umgewandelt.

### $C_{org}$ und $N_t$

Organischer Kohlenstoff ( $C_{org}$ ) und Gesamtstickstoff ( $N_t$ ) sind die wichtigsten Bestandteile des Humus. Die C-Gehalte des Humus können stark schwanken.

### C/N-Verhältnis

Das Verhältnis von  $C_{org}$  und  $N_t$  im Oberboden ist der klassische Indikator für die Humusqualität. Er ist ein Maß für die biologische Aktivität und damit für die Nährstoffverfügbarkeit im Boden sowie für den Abbaugrad der organischen Bodensubstanz. Es hängt von der Bodenart und der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung ab. Als stabil bzw. eng gilt ein C/N-Verhältnis von 10 bis 12, d.h. auf 10 bis 12 C-Atome kommt ein N-Atom. In diesem Falle ist die Mineralisierungsrate der organischen Substanz hoch, d.h. sie wird in ihre anorganischen Komponenten zersetzt. Sie ist dann attraktiv für die Bodenlebewesen als Nahrungsquelle. Die anorganischen Komponenten werden von den Pflanzen als Nährstoffe aufgenommen und so wiederum in den Nährstoffkreislauf integriert. Werte unterhalb von 10 kennzeichnen sehr enge C/N-Verhältnisse und dementsprechend sehr hohe Mineralisierungsraten. In diesem Falle kann die Gefahr einer Stickstoffauswaschung bestehen. Bei weiten C/N-Verhältnissen, d.h. Werten über 20, ist der Abbau der organischen Substanz gehemmt, so dass sich eine organische Auflage bildet. In dieser Auflage sind die Nährstoffe weitgehend blockiert und nur in geringen Anteilen für die Pflanzen verfügbar. Bei engem C/N-Verhältnis spricht man von guter, bei weitem von schlechter Humusqualität.

## Standardabweichung

Die Standardabweichung ist ein Maß für die Streubreite der Werte eines Merkmals rund um dessen Mittelwert (arithmetisches Mittel). Vereinfacht gesagt ist die Standardabweichung die durchschnittliche Entfernung aller gemessenen Ausprägungen eines Merkmals vom Durchschnitt. Für die Indikatordarstellung wird die ermittelte Standardabweichung sowohl als positive als auch negative Abweichung vom Mittelwert dargestellt.

## 7 Weiterführende Literatur

- DAS-Indikator-Factsheet BO-R-1 Humusgehalte von Ackerböden:  
[www.umweltbundesamt.de/bo-r-1-das-indikator](http://www.umweltbundesamt.de/bo-r-1-das-indikator)
- DAS-Indikator-Factsheet FW-R-5 Humusvorrat in forstlichen Böden:  
[www.umweltbundesamt.de/fw-r-5-das-indikator](http://www.umweltbundesamt.de/fw-r-5-das-indikator)
- Capriel P. (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft) 2010: Standorttypische Humusgehalte von Ackerböden in Bayern. Schriftenreihe 05 der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft LfL, Freising, 46 S.
- Capriel P. 2013: Trends in organic carbon and nitrogen contents in agricultural soils in Bavaria (south Germany) between 1986 and 2007. *European Journal of Soil Science*, 64: 445-454.
- Capriel P. & Seiffert D. (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft) 2009: 20 Jahre Boden-Dauerbeobachtung in Bayern. Teil 3: Entwicklung der Humusgehalte zwischen 1986 und 2007. Schriftenreihe 10 der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft LfL, Freising, 47 S.
- Düwel O., Siebner C.S., Utermann J., Krone F. 2007: Gehalte organischer Substanz in Oberböden Deutschlands: Länderübergreifende Auswertungen von Punktinformationen im FISBo BGR. 33 S. und Anlagen.
- Gottschalk P., Smith J.U., Wattenbach M., Bellarby J., Stehfest E., Arnell N., Osborn T.J., Jones C., Smith P. 2012: How will organic carbon stocks in mineral soil evolve under future climate? Global projections using RothC for a range of climate change scenarios. *Biogeosciences*, 9: 3151–3171.
- Huschek G., Kregel D., Kayser M., Bauriegel A., Burger H. 2004: Länderübergreifende Auswertung von Daten der Boden-Dauerbeobachtung der Länder. UBA-Texte 50/04, Berlin, 104 S.
- Kaufmann-Boll C., Kappler W., Lazar S., Meiners G., Tischler B., Baritz R., Düwel O., Hoffmann R., Utermann J., Makeschin F., Abiy M., Rinklebe J., Prüß A., Schilli C., Beylich A., Graefe U. 2011: Anwendung von Bodendaten in der Klimaforschung. F+E-Vorhaben des UBA 3708 71 205 01. Entwurf zum Abschlussbericht vom 14.2.2011.
- LABO (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz) 2010: LABO-Positionspapier „Klimawandel - Betroffenheit und Handlungsempfehlungen des Bodenschutzes“ vom 9.6.2010  
[www.labo-deutschland.de/documents/LABO\\_Positionspapier\\_Boden\\_und\\_Klimawandel\\_090610\\_aa8\\_bf5.pdf](http://www.labo-deutschland.de/documents/LABO_Positionspapier_Boden_und_Klimawandel_090610_aa8_bf5.pdf)
- LfU – Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.) 2011: Den Boden fest im Blick – 25 Jahre Bodendauerbeobachtung in Bayern. Fachtagung am 13. Oktober 2011. *UmweltSpezial*. Augsburg  
[www.lwf.bayern.de/mam/cms04/service/dateien/25\\_jahre\\_bdf\\_bayern.pdf](http://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/service/dateien/25_jahre_bdf_bayern.pdf)
- Prietzel J. & Christophel D. 2013: Humusschwund in Waldböden der Alpen. Die vermutliche Auswirkung des Klimawandels ist eine große Herausforderung für die nachhaltige Forstwirtschaft. *LWF aktuell* Ausgabe 97: 44-47.
- Prietzel J., Zimmermann L., Schubert A., Christophel D. 2016: Organic matter losses in German Alp forest soils since the 1970s most likely caused by warming. *Nature Geoscience*, 9: 543-548.  
Online DOI:10.1038/NGEO2732
- Scharlemann J.P.W., Tanner E.V.J., Hiederer R., Kapos V. 2014: Global soil carbon: understanding and managing the largest terrestrial carbon pool. *Carbon Management*, 5(1): 81-91.

- Schils R., Kuikman P., Liski J., van Oijen M., Smith P., Webb J., Alm J., So-mogyi Z., van den Akker J., Billett M., Emmett B., Evans C., Lindner M., Palosuo T., Bellamy P., Jandl R., Hiederer R. 2008: Review of existing information on the interrelations between soil and climate change. ClimSoil - Final Report, Wageningen, 177 pp and Annexes.  
[http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/climsoil\\_report\\_dec\\_2008.pdf](http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/climsoil_report_dec_2008.pdf)
- StMUV – Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (Hrsg.) 2015: Klima-Report Bayern 2015. Klimawandel, Auswirkungen, Anpassungs- und Forschungsaktivitäten. 199 S.
- StMUV (Hrsg.) 2016: Bayerische Klimaanpassungsstrategie. München, 218 S.
- Wessolek G. & Asseng S. 2006: Trade-off between wheat yield and drainage under current and climate change conditions in northeast Germany. *European Journal of Agronomy* 24: 333-342.
- Wessolek G., Kaupenjohann M., Dominik P., Ilg K., Schmitt A., Zeitz J., Gahre F., Schulz E., Ellerbrock R., Utermann J., Düwel O., Siebner C. 2008: Ermittlung von Optimalgehalten an organischer Substanz landwirtschaftlich genutzter Böden nach § 17 (2) Nr. 7 BBodSchG. Schlussbericht zum F+E-Vorhaben 202 71 264 des UBA, Berlin, 163 S.
- Wiesmeier M. 2014: Der Humuskörper bayerischer Böden im Klimawandel - Auswirkungen und Potenziale. *Umwelt Spezial*, Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg. 101 S.
- Wiesmeier M., Spörlein P., Geuß U., Hangen E., Haug S., Reischl A., Schilling B., von Lützow M., Kögel-Knabner I. 2012: Soil organic carbon stocks in southeast Germany (Bavaria) as affected by land use, soil type and sampling depth. *Global Change Biology*, 18: 2233-2245.
- Wiesmeier M., Hübner R., Dechow R., Maier H., Spörlein P., Geuß U., Hangen E., Reischl A., Schilling B., Angst G., von Lützow M., Kögel-Knabner I. 2014: Estimation of past and recent carbon input by crops into agricultural soils of Bavaria. *European Journal of Agronomy*, 61: 10-23.
- Wiesmeier M., Hübner R., Kögel-Knabner I. 2015: Stagnating crop yields: An overlooked risk for the carbon balance of agricultural soils? *Science of the Total Environment*, 536: 1045-1051.
- Wiesmeier M., Poeplau C., Sierra C.A., Maier H., Frühauf C., Hübner R., Kühnel A., Spörlein P., Geuß U., Hangen E., Schilling B., von Lützow M., Kögel-Knabner I. 2016: Projected loss of soil organic carbon in temperate agricultural soils in the 21st century: effects of climate change and carbon input trends. *Scientific Reports*, 6, 32525.



Anlage 2-11 zur Machbarkeitsstudie „Indikatoren für Klimafolgen und Klimaanpassung in Bayern“

Indikatoren-Kennblatt zum Klimafolgenmonitoring

## I-BO-6 Schwinden von Permafrost

### 1 Basisinformationen

Verfasser	Bosch & Partner GmbH: Konstanze Schönthaler, Mareike Buth
Zuständigkeit	Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), Referat 102 Landesaufnahme Geologie, Geogefahren: Dr. Stefan Glaser
Letzte Aktualisierung	23.03.2017
Nächste Fortschreibung	

### 2 Einordnung und Berechnung

Handlungsfeld	Bodenschutz und Georisiken
Kategorie	Impact
Indikationsfeld	Georisiken (BayKLAS-Themen: Georisiken, Naturgefahren in den Alpen)
Thematischer Teilaspekt	Verminderung der Bodenstabilität, Risiken aufgrund von Eis- und Schneeschmelze
Kurzbeschreibung des Indikators (Einheit)	Jahres-Maximum der Tagesmitteltemperaturen im Permafrostbereich in 23,65 m Distanz von der Südwand des Zugspitzgipfels (Grad Celsius, °C)
Berechnungsvorschrift	Direkte Übernahme der Daten
Verständnis des Indikatorwerts	Je höher der Indikatorwert, desto höher ist das Temperaturmaximum der Tagesmittel im meteorologischen Jahr.

### 3 Begründung und Interpretation

Begründung	Geologische Risiken wie z. B. Hangbewegungen oder Felsstürze (gravitative Massenbewegungen) sind vor allem im Alpen- und Mittelgebirgsraum seit jeher eine Gefahr für Leben, Sachwerte und Infrastruktur. Mit vermehrten extremen Wetterereignissen im Zuge des Klimawandels muss in Zukunft mit einer Zunahme von Georisiken gerechnet werden, denn steigende Temperaturen und häufige Frost-/Tauwechsel beschleunigen teilweise die Erosion und führen zudem zu einer Verminderung der Bodenstabilität. Im Hochgebirge spielt vor allem auch das Auftauen von Permafrost eine Rolle, infolge dessen die Hangstabilität reduziert und die Bildung von Hangbewegungen, Rutschungen und Felsstürzen begünstigt werden kann (BayStMUV 2016).
------------	--

	<p>Die Zugspitze ist mit 2.962 m Deutschlands höchster Gipfel. Hier gibt es eines der wenigen aktuellen Permafrostvorkommen in Deutschland, dessen Entwicklung Aussagen zu Klimawandelfolgen auf das „ewige“ Eis und die mögliche Folgewirkungen z. B. in Form von Fels- bzw. Bergstürzen zulassen. Zu einem riesigen Bergsturz ist es zuletzt vor 3.700 Jahren gekommen, also zu einer erdgeschichtlichen Zeit, in der es ähnlich warm war wie heute. Dabei stürzten 300 bis 400 Mio. m<sup>3</sup> Fels und Geröll ins Tal und verteilten sich auf 15 Quadratkilometern Fläche bis an den Ortsrand der heutigen Marktgemeinde Garmisch-Partenkirchen. Der Eibsee wurde dadurch in seiner heutigen Form geschaffen. (GUDE &amp; BARSCH 2005, JERZ &amp; POSCHINGER 1995).</p> <p>Steigen die Temperaturen im Zuge des Klimawandels, schmelzen nicht nur die Gletscher, sondern auch der Permafrost im Innern der Berge. Hier wirkt das Eis wie Mörtel und hält teilweise große Felspartien zusammen. Schmilzt dieses Eis, kann der Fels seinen Halt verlieren, und es kann Regen- oder Schmelzwasser in die eisfreien Klüfte fließen wodurch sich hoher Druck aufbauen kann, der im schlimmsten Fall ganze Wände abzusprengen vermag.</p> <p>Neben ihren geologischen Besonderheiten ist die Zugspitze zugleich auch der einzige hochalpine Gipfel in Deutschland, der technisch erschlossen und intensiv bebaut ist. Außerdem ist der Talgrund im Norden der Zugspitze vergleichsweise dicht besiedelt. Es besteht somit im Fall von Massenbewegungen ein Risiko, das eine genauere Betrachtung des Permafrostes erforderlich macht. Gleichzeitig erleichtert die Infrastruktur auf der Zugspitze den Zugang für Forschungsarbeiten. Der Deutsche Wetterdienst beobachtet seit dem Jahr 1900 das Wetter auf der Zugspitze. Das LfU beauftragte im Jahr 2007 zwei Bohrungen für Permafrostuntersuchungen quer durch den Gipfelkamm. Eine davon hat den Rücken auf 43 m Länge vollständig durchbohrt. Die Bohrungen wurden mit Messsonden bestückt. Die Messungen sind langfristig angelegt und werden vorerst bis 2022 fortgesetzt. Die Messreihe ist allerdings erst ab Mitte 2010 konsistent; zuvor bestanden technische Probleme, die eine Vergleichbarkeit der Daten über die Jahre einschränken.</p> <p>Der Indikator stellt die jährliche Maximaltemperatur in 23,65 m Distanz von der Südwand dar. Hier liegt etwa die Mitte der Bohrung (fast gleich weit von der Süd- und Nordwand entfernt). Die jahreszeitlichen Schwankungen sind hier relativ gering (etwa 0,3°C / Jahr) und gleichzeitig liegt der Messpunkt schon relativ nahe an den kältesten Bereichen der Bohrung (die naturgemäß weiter im Norden liegen, aber schon wieder stärkere jahreszeitliche Schwankungen aufweisen). Wenn in dieser Tiefe die Temperatur über 0°C angestiegen ist, wird der Permafrost im Zugspitzgipfel weitgehend verschwunden sein.</p> <p>Gemessen und aufgezeichnet werden stündliche Werte. Diese weisen aber aus technischen Gründen eine größere Schwankung auf, die durch die Mittelung der 24 Werte eines Tages eliminiert wird. Daher wird der Indikator basierend auf Tagesmittelwerten berechnet. Die erreichte Maximaltemperatur aller Tagesmittel wird jeweils für das meteorologische Jahr anstelle des Kalenderjahrs angegeben. Die sommerliche Hitze und winterliche Abkühlung breiten sich nur langsam in den Fels aus. Maßgeblich hierfür ist die Wärmeleitfähigkeit des Gebirges. Daher werden die höchsten Temperaturen im Innern des Gipfels regelmäßig im Winter (etwa im Februar) erreicht. Es ist aber nicht auszuschließen, dass das Temperatur-Maximum in einem außergewöhnlichen Jahr bereits im Dezember erreicht werden könnte. Mit dem Bezug auf das meteorologische Jahr, das mit dem 1. Dezember des Vorjahres beginnt, lässt sich der gesamte Winter in der Zusammenschau betrachten.</p>
Schwächen	Der Indikator trifft nur eine Aussage zu Georisiken im Hochgebirgsbereich. Rückschlüsse auf Georisiken im Mittelgebirge sind nicht möglich, da hier andere Faktoren wie z. B. außergewöhnliche Starkregenereignisse die dominante Rolle für die Auslösung von Massenbewegungen spielen.
Referenzen auf andere Indikatoren-systeme	Keine
In der BayKLAS beschriebene Klimawandel-	Mit einer Zunahme extremer Wetterereignisse steigt die Gefahr von geologischen Risiken wie Hangbewegungen, Rutschungen, Felsstürzen oder Steinschlägen in Bayern deutlich an. [...] Zunehmende Temperaturen und häufige Frost-/Tauwechsel beschleunigen teilweise die Ero-

folgen	<p>sion und führen zudem zu einer Verminderung der Bodenstabilität. (S 98)</p> <p>Für die Alpen besonders relevant sind Naturgefahren wie Hangbewegungen, Lawinen, Muren, Felsstürze und Steinschläge, die auch als Folge von Extremereignissen wie Starkregen auftreten können. Durch das Auftauen von Permafrost im Hochgebirge wird die Hangstabilität reduziert und die Bildung von Hangbewegungen, Rutschungen und Felsstürzen begünstigt. (S. 183)</p> <p>Abrupte Eis- und Felsstürze sowie Steinschläge sind ebenfalls potenzielle Gefahren, die aus Schmelz- bzw. Auftauvorgängen resultieren. Des Weiteren erfolgt eine Erhöhung der wasserwirtschaftlichen Risiken unter anderem durch Überschwemmungen und Lawinen. (S. 183)</p>
Zielbezüge, Maßnahmen	<p>Dauerhafte Untersuchung der Permafrostentwicklung in den bayerischen Alpen zur Verminderung der lokalen Felssturzgefahr (G_04)</p> <p>[Anmerkung Dr. Glaser: besser zur Einschätzung einer Zunahme geologischer Risiken, denn die Beobachtung selbst kann die Felssturzgefahr nicht verhindern]</p> <p>Erarbeitung von Hinweiskarten zu geologischen Gefahren für den gesamten bayerischen Alpenraum zur Identifikation und Beurteilung gefährdeter Gebiete (G_01)</p>
Berichtspflichten	Derzeit keine

#### 4 Technische Informationen

Datenquelle	Bayerisches Landesamt für Umwelt: Permafrostmessungen an der Zugspitze
Räumliche Auflösung	Datenpunkt in 23,65 m Distanz von der Südwand der Zugspitze
Geografische Abdeckung	Alpen / Zugspitze
Zeitliche Auflösung	Ab 2011, jährlich
Beschränkungen, Datenkosten	Keine
Aufwand	Ca. 2 Stunden für Datenfortschreibung

## 5 Darstellung

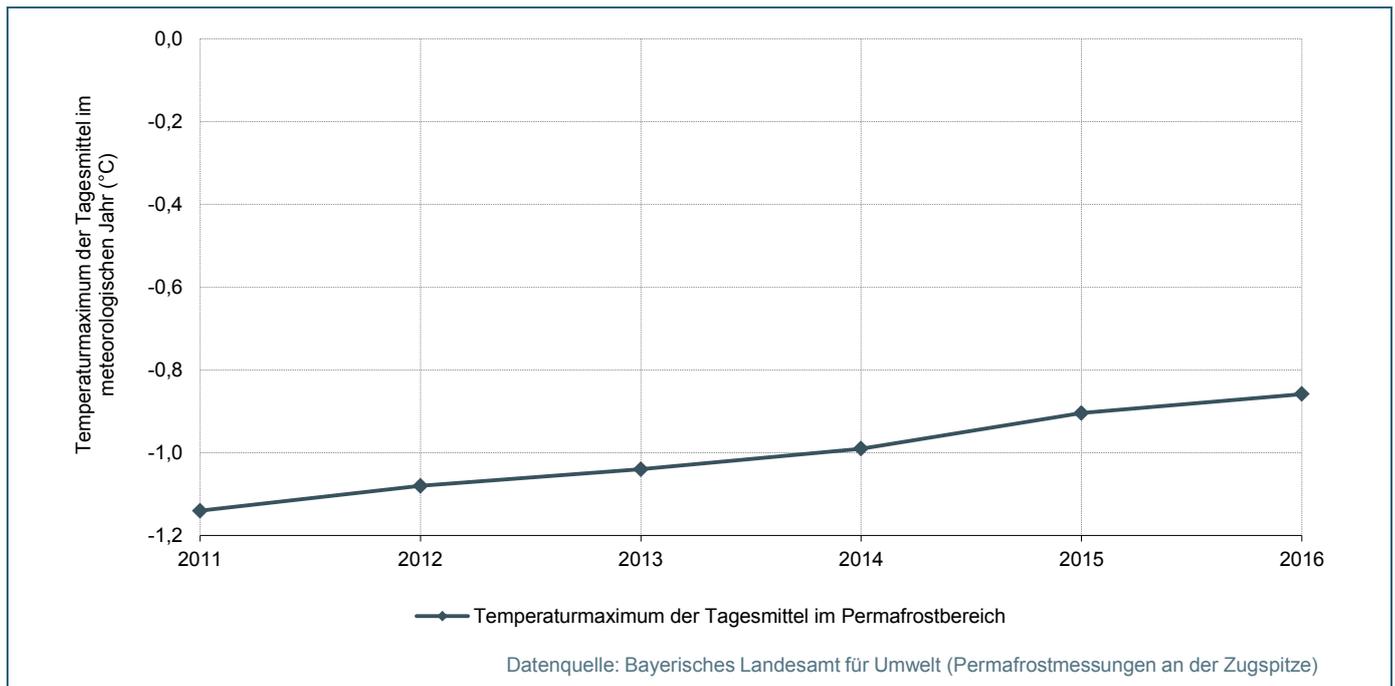


Abb. 1: Schwinden von Permafrost

## 6 Glossar

### Permafrost

Permafrost- oder auch Dauerfrostboden ist ein Boden der aufgrund der klimatischen Verhältnisse das gesamte Jahr hindurch, mindestens zwei aufeinanderfolgende Jahre gefroren bleibt.

### Meteorologisches Jahr

Das meteorologische Jahr beginnt mit dem 1. Dezember des Vorjahres und dauert 12 Monate. Es umfasst damit vollständig den meteorologischen Winter (Dezember bis Februar), den meteorologischen Frühling (März bis Mai), den meteorologischen Sommer (Juni bis August) und den meteorologischen Herbst (September bis November).

## 7 Weiterführende Literatur

- Informationen des LfU zu Klimaanpassung und ken: [www.lfu.bayern.de/klima/klimaanpassung/bayern/georisiken/index.htm](http://www.lfu.bayern.de/klima/klimaanpassung/bayern/georisiken/index.htm)
- Informationen des LfU zu den Permafrostmessungen an der Zugspitze: [www.lfu.bayern.de/geologie/permafrost/zugspitze/index.htm](http://www.lfu.bayern.de/geologie/permafrost/zugspitze/index.htm)
- Informationen der Umwelt Forschungsstation Schneefernerhaus: [www.schneefernerhaus.de/forschung/partner/technische-universitaet-muenchen/permafrost.html](http://www.schneefernerhaus.de/forschung/partner/technische-universitaet-muenchen/permafrost.html)
- Galleman T., Haas U., Teipel U., von Poschinger A., Wagner B., Mahr M., Bäse F. 2017 (in Bearbeitung): Permafrost-Messstation am Zugspitzgipfel: Ergebnisse und Modellberechnungen. Geologica Bavarica, 115.
- Gude M. & Barsch D. 2005. Assessment of the geomorphic hazards in connection with permafrost occurrence in the Zugspitze area (Bavarian Alps, Germany). Geomorphology, 66(1-4): 85-93.
- Jerz H. & von Poschinger A. 1995. Neuere Ergebnisse zum Bergsturz Eibsee-Grainau. Geologica Bavarica, 99: 383-398,
- Krautblatter M. & v. Poschinger A. o.D.: Kurzbericht: Einrichtung eines Geoelektrik-Permafrost-Monitorings an der Zugspitze. 7 S. [www.lfu.bayern.de/geologie/permafrost/zugspitze/doc/messungen\\_permafrost\\_zugspitzstollen.pdf](http://www.lfu.bayern.de/geologie/permafrost/zugspitze/doc/messungen_permafrost_zugspitzstollen.pdf)

- Krautblatter M., Verleysdonk S., Flores-Orozco A., Kemna A. 2010. Temperature-calibrated imaging of seasonal changes in permafrost rock walls by quantitative electrical resistivity tomography (Zugspitze, German/Austrian Alps). *Journal of Geophysical Research-Earth Surface*, 115: F02003.
- LfU – Bayerisches Landesamt für Umwelt 2007: Permafrostuntersuchungen an der Zugspitze. 4 S. [www.lfu.bayern.de/geologie/permafrost/zugspitze/doc/permafrostuntersuchungen\\_zugspitze.pdf](http://www.lfu.bayern.de/geologie/permafrost/zugspitze/doc/permafrostuntersuchungen_zugspitze.pdf)
- Noetzli J., Gruber S., von Poschinger A., 2010. Modellierung und Messung von Permafrosttemperaturen im Gipfelgrat der Zugspitze, Deutschland. *Geographica Helvetica*, 65(2): 113-123.
- StMUG – Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (Hrsg.) 2012): Bayerische Gletscher im Klimawandel – ein Statusbericht. München, 34 S.
- StMUV – Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (Hrsg.) 2016: Bayerische Klimaanpassungsstrategie. München, 218 S.
- Verleysdonk S., Krautblatter M., Dikau, R. 2011. Sensitivity and path dependence of mountain permafrost systems. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, 93: 113-135.



Anlage 2-12 zur Machbarkeitsstudie „Indikatoren für Klimafolgen und Klimaanpassung in Bayern“

Indikatoren-Kennblatt zum Klimafolgenmonitoring

## I-GE-1 Hitzebelastung

### 1 Basisinformationen

Verfasser	Bosch & Partner GmbH: Konstanze Schönthaler, Mareike Buth
Zuständigkeit	Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL), Arbeits- und Umweltmedizin/ -epidemiologie: Alisa Weber
Letzte Aktualisierung	03.04.2017
Nächste Fortschreibung	

### 2 Einordnung und Berechnung

Handlungsfeld	Menschliche Gesundheit	
Kategorie	Impact	
Indikationsfeld	Hitze- und kälteabhängige Erkrankungen oder Mortalitäten (BayKLAS-Thema: Wetterereignisse und nicht-infektiöse Krankheiten)	
Thematischer Teilaspekt	Veränderung der Inzidenz und Prävalenz hitzebedingter Krankheiten und der Anzahl von Todesfällen	
Kurzbeschreibung des Indikators (Einheit)	Teil A	Mittlere Anzahl der Hitzewarnungen des DWD pro Warnkreis in Bayern (Anzahl)
	Teil B	Mittlere Anzahl der Hitzewarnungen des DWD pro Warnkreis in Deutschland (Anzahl)
Berechnungsvorschrift	Teil A	Durchschnittliche Anzahl ausgegebene Hitzewarnungen des DWD für die DWD-Warnkreise in Bayern = Summe aller Tage mit ausgesprochenen Hitzewarnungen (für den aktuellen Tag) in allen DWD-Warnkreisen Bayerns / Anzahl der DWD-Warnkreise zum Stichtag 31.12. des Vorjahres
	Teil B	Durchschnittliche Anzahl ausgegebene Hitzewarnungen des DWD für die DWD-Warnkreise in Deutschland = Summe aller Tage mit ausgesprochenen Hitzewarnungen (für den aktuellen Tag) in allen DWD-Warnkreisen Deutschlands / Anzahl der DWD-Warnkreise zum Stichtag 31.12. des Vorjahres
Verständnis des Indikatorwerts	Teile A, B	Je höher der Indikatorwert, desto mehr Hitzewarntage gibt es pro Kreis und Jahr.

### 3 Begründung und Interpretation

Begründung	Im Sommer 2003 haben Hitzewellen in Europa schätzungsweise mehr als 52.000 Menschen das Leben gekostet (Larsen 2006). Auch in Deutschland führte die Hitzewelle des Sommers
------------	---

	<p>2003 zu einem deutlichen Anstieg der Todesfälle. Risikogruppen sind vor allem ältere Menschen, chronisch Kranke, Kinder und isoliert lebende Personen (KOPPE 2009). Untersuchungen von Mortalitätsdaten aus unterschiedlichen Regionen Europas haben gezeigt, dass in allen untersuchten Gebieten eine mindestens „starke Wärmebelastung“ (Gefühlte Temperatur zwischen 32 und 38 °C) mit einer deutlichen Abweichung der Mortalität vom Erwartungswert einherging (Koppe 2005). Aber auch mäßige Wärmebelastung ist mit einer deutlich erhöhten Sterblichkeit verbunden (KOPPE 2009). (vgl. DAS-Indikator-Factsheet GE-I-1)</p> <p>Weniger harte Daten gibt es zu hitzebedingten Morbiditäten. Man unterscheidet hier die direkten hitzebedingten Erkrankungen wie Hitzschlag, Hitzekollaps und Sonnenstich von den indirekt hitzebedingten Erkrankungen. Hierzu gehören insbesondere Herz-Kreislauf-Probleme, seltener Atemwegserkrankungen. Zum Teil wird als indirekte Hitzefolge auch von einem vermehrten Auftreten von Knochenbrüchen berichtet, die Folgen von Kreislaufschwächebedingten Stürzen sind. (vgl. DAS-Indikator-Factsheet GE-I-1)</p> <p>Zur Reduzierung des Risikos bei künftig auftretenden Hitzewellen hat der Deutsche Wetterdienst (DWD) in 2005 ein Hitzewarnsystem eingerichtet. Auf Landkreis- bzw. Warnkreisebene (s. Glossar) werden bei Erreichen definierter Schwellenwerte Hitzewarnungen ausgesprochen. Es wird generell gewarnt, wenn an zwei aufeinander folgenden Tagen eine mindestens „starke Wärmebelastung“ (32 - 38°C) vorhergesagt wird. Zudem erfolgt eine Warnung, wenn der Schwellenwert zur extremen Wärmebelastung von 38°C gefühlter Temperatur überschritten wird (hier spielen weder die Andauer, noch die unten erwähnte fehlende nächtliche Abkühlung eine Rolle). Da Tage mit mindestens mäßiger Wärmebelastung (26 - 32°C) relativ häufig auftreten – zwischen 30 und 40 Mal pro Jahr –, eignet sich die „mäßige Wärmebelastung“ nicht als Warnkriterium. Zu häufiges Warnen könnte dazu führen, dass eine gewisse „Warnmüdigkeit“ entsteht und ausgegebene Warnungen nicht mehr ernst genommen werden. (vgl. DAS-Indikator-Factsheet GE-I-1)</p> <p>Für die Warnung wurde bisher berücksichtigt, dass insbesondere während Hitzewellen bei nächtlichen Minimumtemperaturen von je nach Region zwischen 16°C (im Norden) und 18°C (Süden) eine Erholungsphase gewährleistet ist. Seit 2013 sind nicht mehr die Minimumtemperaturen entscheidend, sondern die nächtlichen Innenraumtemperaturen. Diese werden über ein Innenraummodell abgeleitet. Übersteigen diese 23°C (im Norden und in höheren Lagen) bis 25°C im Süd-Westen, dann wird gewarnt. Ferner werden die Schwellenwerte, die für eine Warnung überschritten sein müssen, an die lokalen Witterungsbedingungen der letzten 30 Tage angepasst, da von einer gewissen Anpassung der Bevölkerung ausgegangen werden kann. Allerdings gilt generell, dass ab 34 °C gefühlte Temperatur die Wärmebelastung so stark ist, dass auf jeden Fall eine Warnung ausgesprochen wird. (vgl. DAS-Indikator-Factsheet GE-I-1)</p> <p>Der DWD warnt täglich gegen 10 Uhr für den aktuellen Tag und den Folgetag (48 Std.), wenn die Warnkriterien erfüllt sind. Die Entscheidung, ob gewarnt wird oder nicht, obliegt allerdings letztendlich einem zuständigen Biometeorologen des DWD. Dieser kann abweichend von den Warnkriterien beispielsweise entscheiden, keine Warnung herauszugeben, wenn gegen Mittag Gewitter erwartet werden und mit einer Abkühlung zu rechnen ist. Auch kann es vorkommen, dass die Warnkriterien nicht erreicht sind, aber trotzdem gewarnt wird (z. B. wenn die Schwellen nur knapp unterschritten sind und an den Tagen zuvor und danach Warnungen ausgesprochen wurden). Die Öffentlichkeit wird über das Internet (<a href="http://www.dwd.de/warnungen">www.dwd.de/warnungen</a>), Einrichtungen des Gesundheitswesens (Alten- und Pflegeheime, zuständige Gesundheits- und Aufsichtsbehörden) nach Anmeldung zum Newsletter über E-Mail, ftp oder Fax direkt informiert. Seit dem 1. Juli 2013 gibt es die Warnung zusätzlich auch als Android App. Der Fax-Verteiler wird sukzessive eingestellt. (vgl. DAS-Indikator-Factsheet GE-I-1)</p> <p>Die Anzahl der vom DWD für die einzelnen Land- bzw. Warnkreise ausgesprochenen Hitzewarnungen in Bayern (Teil A) gibt einen Überblick über das Auftreten von Wetter- und Witterungssituationen, die für die Gesundheit kritisch sein können. Der Vergleich mit dem bundesweiten Durchschnitt (Teil B) macht deutlich, in welchen Jahren der Freistaat überdurchschnittlich betroffen war.</p>
Schwächen	<p>Der Indikator basiert auf vom DWD ausgesprochenen Warnungen. Er trifft keine Aussage, ob die angekündigte Wetterlage oder Witterungssituation auch tatsächlich eingetreten ist. Allerdings wird vom DWD bestätigt, dass die Warnmeldungen zum deutlich überwiegenden Teil</p>

	<p>auch mit tatsächlich auftretenden Hitzeereignissen korrelieren.</p> <p>Der Indikator lässt ebenfalls keine Schlussfolgerungen zu, ob die als belastend angekündigte Wetterlage oder Witterungssituation zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen oder gar Todesfällen geführt hat. Ziel der Warnungen ist es, vorbeugende Maßnahmen zu ergreifen.</p> <p>Die Hitzewarnungen des DWD werden auf Warnkreisebene herausgegeben, die sich grundsätzlich an Landkreisgrenzen orientieren. Die Anzahl und der Zuschnitt der Landkreise sind allerdings keine statischen Größen, da immer wieder Landkreisreformen durchgeführt werden. Auch für die Zukunft sind – insbesondere vor dem Hintergrund von Bevölkerungsverlusten – Landkreisreformen mit dem Ziel einer administrativen Vereinfachung zu erwarten. Mit der Berechnung der durchschnittlichen Anzahl der Hitzewarnungen pro Landkreis lässt sich dieses Problem zumindest abschwächen.</p>
Referenzen auf andere Indikatoren-systeme	<p>Klimafolgenmonitoring des Bundes: GE-I-1 Hitzebelastung, BAU-I-1 Wärmebelastung in Städten, TOU-I-3 (Wärmebelastung in heilklimatischen Kurorten)</p> <p>Klimafolgenmonitoring Baden-Württemberg: I-GE-1 Hitzebelastung, I-SR-3 Wärmebelastung (Heiße Tage, Tropennächte) in Großstädten</p> <p>Klimafolgenmonitoring Thüringen: I-GE-1 Hitzebelastung, I-BA-3 Wärmebelastung in Städten, I-BA-4 Sommerlicher Wärmeinseleffekt</p> <p>Klimafolgenindikatoren Hessen: Hitzewarntage</p> <p>Indikatorensystem zu Klimaentwicklung und Klimawandelfolgen der Europäischen Umweltagentur: CLIM 036 Extreme temperatures and health</p>
In der BayKLAS beschriebene Klimawandel-folgen	<p>Allerdings ist bereits feststellbar, dass der Mensch durch den allgemeinen Temperaturanstieg, das häufigere Auftreten von Hitzestress und durch Gefahren aufgrund von Extremwetterereignissen wie Stürme oder Hochwasser belastet wird. (S. 106)</p> <p>Als Folge der hitzebedingten Belastung im Sommer kann es zu einem verstärkten Auftreten negativer gesundheitlicher Effekte wie zum Beispiel eine Zunahme von Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems, Erkrankungen der Nieren und Atemwege oder Stoffwechselstörungen kommen. Urbane Räume besitzen dabei durch verstärkende stadtklimatische Einflüsse (Wärmeinseleffekt) ein höheres Risiko als ländliche Räume. In Bayern sind besonders Großstädte wie München und Nürnberg betroffen. (S. 106)</p> <p>Zunehmende Hitze und die Ausbreitung von Krankheitserregern erfordern ein besonders hohes Maß an eigenverantwortlichem Verhalten und Handeln bei der Anpassung an den Klimawandel.(S. 110)</p>
Zielbezüge, Maßnahmen	Erarbeitung von Handlungsempfehlungen zur gesundheitlichen Vorsorge an Hitzetagen für das medizinische Fachpersonal und die Bevölkerung (WK_03)
Berichtspflichten	Derzeit keine

#### 4 Technische Informationen

Datenquelle	Teile A, B	Deutscher Wetterdienst (DWD): Hitzewarndienst
Räumliche Auflösung	Teil A	NUTS 1
	Teil B	NUTS 0
Geografische Abdeckung	Teil A	Ganz Bayern
	Teil B	Ganz Deutschland
Zeitliche Auflösung	Teile A, B	Ab 2005, jährlich
Beschränkungen, Datenkosten	Keine	
Aufwand	Ca. 6 Stunden für die Datenfortschreibung	

## 5 Darstellung



Abb. 1: Hitzebelastung

## 6 Glossar

### Gefühlte Temperatur (GT)

Die GT dient zur gesundheitsrelevanten Bewertung der thermischen Umwelt (nach JENDRITZKY 1990). Berücksichtigt werden zur Berechnung die Lufttemperatur, die lang- und kurzweiligen Strahlungsflüsse, die Luftfeuchte und die Windgeschwindigkeit. Berechnet wird auf der Grundlage eines Wärmebilanzmodells des menschlichen Körpers, das alle relevanten Mechanismen des Wärmeaustauschs mit der atmosphärischen Umwelt einschließt. Der Wärmeaustausch wird für einen Standard-Menschen modelliert, den so genannten Klima-Michel. Dieser Standard-Mensch passt seine Bekleidung soweit an, dass er nach Möglichkeit im thermischen Komfortbereich bleibt.

### Thermische Belastungsstufe

„starke Wärmebelastung“: Gefühlte Temperatur 32 bis 38°C.

„extreme Wärmebelastung“: Gefühlte Temperatur  $\geq 38^\circ\text{C}$ .

Die Schwelle für starke Wärmebelastung ist in gewissen Grenzen variabel. So beträgt sie im Moment in einigen Landkreisen Norddeutschlands nur 30°C Gefühlte Temperatur.

### Warnkreise

Die Warnkreise des DWD orientieren sich an der Verwaltungsgliederung nach Landkreisen, sind aber mit diesen nicht identisch (z. B. wegen unterschiedlicher Höhenlagen in den Landkreisen). Teilweise aggregiert der DWD bei seiner Einteilung in Kreise einzelne Kreis-Verwaltungseinheiten (zum Beispiel eine kreisfreie Stadt mit dem sie umgebenden Landkreis). Ebenso kommt das Gegenteil vor, dass ein Landkreis, z. B. wenn er ein großes Spektrum an Höhenstufen umfasst, vom DWD in mehrere Warnkreise aufgeteilt wird, etwa in Hochland und Tiefland. Daher lassen sich als Datengrundlage für die Anzahl der Landkreise nicht die offiziellen Daten des Statistischen Bundesamtes nutzen, sondern es muss auf die Daten des DWD zurückgegriffen werden.

## 7 Weiterführende Literatur

- Informationen des Bayerisches Landesamts für Umwelt zu Klimawandel und den Folgen für die Gesundheit: [www.lfu.bayern.de/klima/klimaanpassung/bayern/gesundheit/index.htm](http://www.lfu.bayern.de/klima/klimaanpassung/bayern/gesundheit/index.htm)

- Informationen des Bayerisches Landesamts für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit zu präventiven Maßnahmen bei Sommerhitze: [www.lgl.bayern.de/gesundheit/praevention/sonne\\_hitze/hitze\\_sonne\\_schutz.htm](http://www.lgl.bayern.de/gesundheit/praevention/sonne_hitze/hitze_sonne_schutz.htm)
- DAS-Indikator-Factsheet GE-I-1 Hitzewarnungen: [www.umweltbundesamt.de/ge-i-1-2-das-indikatoren](http://www.umweltbundesamt.de/ge-i-1-2-das-indikatoren)
- DAS-Indikator-Factsheet BAU-I-1 Wärmebelastung in Städten: [www.umweltbundesamt.de/bau-i-1-bau-i-2-das-indikatoren](http://www.umweltbundesamt.de/bau-i-1-bau-i-2-das-indikatoren)
- DAS-Indikator-Factsheet TOU-I-3 Wärmebelastung in heilklimatischen Orten: [www.umweltbundesamt.de/tou-i-3-das-indikator](http://www.umweltbundesamt.de/tou-i-3-das-indikator)
- Baumann L. 2005: Die „Hitzetoten“ des Jahres 2003. Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg 4 /2005: 23-27. [www.statistik-bw.de/Veroeffentl/Monatshefte/PDF/Beitrag05\\_04\\_06.pdf](http://www.statistik-bw.de/Veroeffentl/Monatshefte/PDF/Beitrag05_04_06.pdf)
- BfS – Bundesamt für Strahlenschutz), BfR – Bundesinstitut für Risikobewertung, RKI – Robert Koch-Institut, UBA – Umweltbundesamt 2009: Klimawandel und Gesundheit. UMID – UmweltMedizinischer Informations-Dienst, Nr. 3/2009, 54 S.
- EEA – European Environment Agency 2009: Ensuring quality of life in Europe's cities and towns 2008. EEA Report No 5/2009, Copenhagen, 108 pp. [www.eea.europa.eu/publications/quality-of-life-in-Europes-cities-and-towns](http://www.eea.europa.eu/publications/quality-of-life-in-Europes-cities-and-towns)
- Jendritzky G. 1990: Methodik zur räumlichen Bewertung der thermischen Komponente im Bioklima des Menschen – Fortgeschriebenes Klima-Michel-Modell. Beitr. Akademie f. Raumforschung u. Landesplanung 114: 7-69.
- Kohlhuber M., Burckhardt F., Schindler P., Höller C., Beck H., Weber H., Fromme H.: 2006: Klimaveränderung in Bayern – Gesundheitliche Folgen und Perspektiven. Hrsg.: Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit. Überarbeitete Version Juli 2006, 47 S. [www.lgl.bayern.de/gesundheit/arbeitsplatz\\_umwelt/projekte\\_a\\_z/doc/klima\\_gesundheit\\_lgl\\_2006.pdf](http://www.lgl.bayern.de/gesundheit/arbeitsplatz_umwelt/projekte_a_z/doc/klima_gesundheit_lgl_2006.pdf)
- Koppe C. 2005: Gesundheitsrelevante Bewertung von thermischer Belastung unter Berücksichtigung der kurzfristigen Anpassung der Bevölkerung an die lokalen Witterungsverhältnisse. Berichte des Deutschen Wetterdienstes 226. Offenbach am Main.
- Koppe C. 2009: Das Hitzewarnsystem des Deutschen Wetterdienstes. In: BfS, BfR, RKI, UBA 2009: Klimawandel und Gesundheit. UMID – UmweltMedizinischer InformationsDienst, Nr. 3/2009: 39-43.
- Larsen J. 2006: Plan B Updates – Setting the Record Straight: More than 52,000 Euro-peans Died from Heat in Summer 2003. Earth Policy Institute. [www.earth-policy.org/index.php?/plan\\_b\\_updates/2006/update56](http://www.earth-policy.org/index.php?/plan_b_updates/2006/update56)
- Laschewski G. & Jendritzky G. 2002. Effects of thermal environment on human health: an investigation of 30 years of daily mortality data from SW Germany. Clim Res; 21: 91-103.
- StMUV – Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (Hrsg.) 2016: Bayerische Klima-Anpassungsstrategie. München, 218 S.



Indikatoren-Kennblatt zum Klimafolgenmonitoring

## I-GE-2 Allergene Wildpflanzen

### 1 Basisinformationen

Verfasser	Bosch & Partner GmbH: Konstanze Schönthaler, Mareike Buth
Zuständigkeit	Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL): Alisa Weber
Letzte Aktualisierung	23.03.2017
Nächste Fortschreibung	Ab 2019 werden in Bayern automatische Pollenflugmessungen durchgeführt. Dann sollte auf der Grundlage dieser Daten ein Indikator zur Pollenbelastung wichtiger allergener Pflanzen aufgebaut werden. Dieser würde direkter die potenziellen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit abbilden als der Blühbeginn.

### 2 Einordnung und Berechnung

Handlungsfeld	Menschliche Gesundheit	
Kategorie	Impact Proxy-Indikator	
Indikationsfeld	Gesundheitliche Auswirkungen von aerogenen Stoffen (BayKLAS-Themen: Wetterereignisse und nicht-infektiöse Krankheiten, Infektiöse Krankheiten)	
Thematischer Teilaspekt	Zunahme allergischer Reaktionen durch zunehmende Belastung mit biologisch aktiven Partikeln (Aeroallergenen) pflanzlicher Herkunft: Pollen	
Kurzbeschreibung des Indikators (Einheit)	Teil A	Mittlerer Zeitpunkt des Blühbeginns der Hasel in Bayern (Tag im Jahr)
	Teil B	Mittlerer Zeitpunkt des Blühbeginns der Hänge-Birke in Bayern (Tag im Jahr)
	Teil C	Mittlerer Zeitpunkt der Vollblüte des Wiesen-Fuchsschwanzes in Bayern (Tag im Jahr)
Berechnungsvorschrift	Teil A	Mittlerer Zeitpunkt des Blühbeginns der Hasel in Bayern = Summe aller Tage im Jahr, an denen an den einzelnen Stationen innerhalb Bayerns der Blühbeginn der Hasel (= Pflanzen ID: 113, Phasen ID: 5) gemeldet wird / Anzahl der im jeweiligen Jahr berücksichtigten Stationen
	Teil B	Mittlerer Zeitpunkt des Blühbeginns der Hänge-Birke in Bayern = Summe aller Tage im Jahr, an denen an den einzelnen Stationen innerhalb Bayerns der Blühbeginn der Hasel (= Pflanzen ID: 112, Phasen ID: 5) gemeldet wird / Anzahl der im jeweiligen Jahr berücksichtigten Stationen
	Teil C	Mittlerer Zeitpunkt der Vollblüte des Wiesen-Fuchsschwanzes in Bayern = Summe aller Tage im Jahr, an denen an den einzelnen Stationen innerhalb Bayerns der Blühbeginn der Hasel (= Pflanzen ID: 135, Phasen ID: 6) / Anzahl

		der im jeweiligen Jahr berücksichtigten Stationen
Verständnis des Indikatorwerts	Teile A – C	Je höher der Indikatorwert, desto später im Jahr tritt die phänologische Phase ein.

### 3 Begründung und Interpretation

Begründung	<p>Die Asthmaprävalenz bei Erwachsenen in Deutschland ist in den vergangenen 10 Jahren von 5,7 % auf 8,6 % signifikant gestiegen. Auch bei Kindern und Jugendlichen ist bundesweit mit zunehmendem Alter ein kontinuierlicher Anstieg der 12-Monats-Prävalenzen von Heuschnupfen und Asthma zu beobachten (KIGGS 2003–2006, LANGE et al. 2014).</p> <p>Als möglicher mitbeeinflussender Faktor für die Entstehung vor allem von pollenassoziierten allergischen Atemwegserkrankungen (z. B. Asthma bronchiale) und Heuschnupfen wird neben zahlreichen Umweltfaktoren auch der Klimawandel diskutiert. (u. a. BEGGS 2010, KAMINSKI &amp; GLOD 2011, Bergmann et al. 2012, GASSNER &amp; SCHMID-GRENDELMEIER 2013).</p> <p>Ein insgesamt milderer Klima mit einer längeren Vegetationsperiode begünstigt längere Pollenflugzeiten und damit einer längere Beschwerdezeit sowie höhere Pollenkonzentrationen (LOZÀN et al. 2008). MENZEL &amp; BEHRENDT (2008) fassen die durch die Klimaveränderungen verstärkte Pollenproblematik in einer knappen Aussage zusammen: Es wird „mehr, veränderte und neue Pollen“ geben. Konkret bedeutet dies:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Infolge zunehmender Erwärmung (insbesondere im Frühjahr) beginnt der Pollenflug frühzeitiger und hält länger an. Außerdem korrelieren hohe Pollenkonzentrationen mit trockenen und warmen Bedingungen (KAMINSKI 2010).</li> <li>• Die Pollenproduktion und -emission nimmt insbesondere aufgrund des CO<sub>2</sub>-Düngungseffektes zu (ZISKA et al. 2003 in SPERK &amp; MÜCKE 2009: 10, KAMINSKI &amp; GLOD 2011).</li> <li>• Die Wirksamkeit von Pollenallergenen nimmt unter Schadstoffeinfluss und mit höheren Temperaturen zu. Sowohl Hitze als auch Umweltschadstoffe führten zu steigenden Ozonwerten. Neben der direkten Wirkung des Ozons auf den Menschen fördern höhere Ozonkonzentrationen die Ausschüttung der Allergene, also der potenziell allergieauslösenden Eiweißstoffe, und deren Aggressivität (BECK et al. 2103).</li> <li>• Neophyten mit allergenem Potenzial können sich ansiedeln und ausbreiten (z. B. <i>Ambrosia artemisiifolia</i>).</li> </ul> <p>Unklar ist noch ein möglicherweise vermehrtes Auftreten pollenassoziiertes Nahrungsmittelallergien. Ferner wird diskutiert, dass mit Veränderungen von Niederschlags- und Windmustern auch eine Veränderung im Verbreitungsmuster von Pollen und anderen luftgetragenen Allergenen (Aeroallergenen) einhergehen kann (SHEA et al. 2008 in SPERK &amp; MÜCKE 2009: 10). Beobachtet wurde außerdem ein Zusammenhang zwischen Starkniederschlägen und Gewittern und der Freisetzung von Allergenen aus Pollen. Verursacht durch einen osmotischen Schock brechen die Pollen auf und setzen verstärkt Allergene frei (D'AMATO &amp; CECCHI 2008 in Sperk &amp; Mücke 2009: 10).</p> <p>Als besonders allergen gelten die Pollen von Hasel, Birke, Gräsern, Erle, Gemeinem Beifuß und Roggen sowie der Beifuß-Ambrosie. Über diese Arten berichtet auch die Pollenflugvorhersage des DWD. Grundsätzlich wird beobachtet, dass Allergien auf Baumpollen immer wichtiger werden verglichen mit Allergien auf Gräserpollen (Kaminsky mdl.). Bei Personen, die über 40 Jahre alt sind, sind die Sensibilisierungsprävalenzen für Baumpollen grundsätzlich höher als die für Gräserpollen (HAFTENBERGER et al. 2013 in BayStMUV 2015: 120).</p> <p>Aussagen zur Pollenbelastung in Bayern sind ab dem Jahr 2019 auf der Grundlage automatischer Pollenmessungen möglich. Diese Daten werden frei verfügbar sein. Bis dahin wird als Stellvertreter ein Indikator zu den Blühzeitpunkten ausgewählter allergener Pflanzen basierend auf Daten des phänologischen Beobachtungsnetzes eingesetzt.</p> <p>Die Hasel (Teil A) ist eine extrem früh blühende Art (ab Januar / Februar), deren verfrühte Blüte einen generell früheren Start der Pollensaison verursacht und damit potenziell mit einer</p>
------------	--

	höheren Belastung von Allergikern einhergeht. Die Birke (Teil B) ist sowohl von der Pollenmenge als auch der Verursachung von Allergien (40 % gehen auf Birkenpollen zurück) die bedeutendste allergen Art ist. Unter den Gräsern gelten vor allem der Wiesen-Fuchsschwanz (Teil C) und das noch etwas später im Jahr zur Vollblüte gelangende Wiesen-Knäuelgras als besonders allergen und werden vom DWD beobachtet. Beide Arten zeigen aber eine ähnliche Tendenz zur Verfrühung der Blüte, sodass die Darstellung zu einer der beiden Grasarten ausreichend ist.
Schwächen	<p>Das Meldeprogramm und das Netz der phänologischen Beobachtungsstationen sind über die Jahre hinweg nicht stabil. Grundsätzlich wird darauf geachtet, dass die räumliche Repräsentanz der Stationen in jedem Jahr gegeben ist. Dies kann aber trotz der großen Anzahl der Beobachtungsstandorte nicht immer garantiert werden. Dies liegt auch darin begründet, dass das Meldernetzwerk hauptsächlich von ehrenamtlichen Helfern aufrechterhalten wird und nicht von jeder Station das komplette Beobachtungsprogramm gemeldet werden kann. Für die Indikatorberechnung bedeutet dies, dass das Kollektiv jährlich wechselt.</p> <p>Die Daten zu Blühzeitpunkten lassen keine Rückschlüsse über die Menge der Pollen und die Intensität der Pollenbelastung zu. Veränderungen der Blütezeiten geben allenfalls Hinweise auf Verschiebungen der Pollensaison. Darüber hinaus ist kein Rückschluss von den Blütezeiten auf eine Zunahme von allergische Reaktionen möglich.</p> <p>Die Pollen der unterschiedlichen Arten bzw. Artengruppen allergener Pflanzen können sich in den unterschiedlichen Regionen möglicherweise unterschiedlich verhalten. Mit der räumlichen Aggregation für ganz Bayern würden diese Unterschiede ausgemittelt. Dies wäre jedoch im Einzelnen noch mit regionalspezifischen Auswertungen zu überprüfen.</p>
Referenzen auf andere Indikatoren-systeme	<p>Klimafolgenmonitoring des Bundes: GE-I-3 Belastung mit Ambrosiapollen</p> <p>Klimafolgenmonitoring Baden-Württemberg: I-GE-2: Ambrosiavorkommen</p> <p>Klimafolgenmonitoring Hessen: Höhendifferenzierte Pollenbelastung für Allergiker (Blühbeginn in der Hasel in vier Höhenstufen)</p> <p>Klimafolgenmonitoring Thüringen: I-GE-2 Allergene Wildpflanzen (Blühbeginn von Hasel und Hänge-Birke)</p> <p>CEHAPIS (Climate, Environment and Health Action Plan and Information System) / Health-relevant Climate Change Indicators der WHO (Draft 2011): Flowering start for the airborne pollens/ allergens of alder, birch, and grasses</p>
In der BayKLAS beschriebene Klimawandel-folgen	Weitere negative Folgen bestehen durch die Ausbreitung von Allergien durch eine längere und zeitlich verschobene Exposition gegenüber luftgetragenen Allergenen. Bedingt durch eine längere Vegetationsperiode sind Allergiker sowohl zeitiger als auch länger im Jahr dem Pollenflug ausgesetzt. Ein besonderes Risiko stellen die Pollen der wärmeliebenden und hoch allergenen Beifuß-Ambrosie ( <i>Ambrosia artemisiifolia</i> ) dar. Die Verbreitung der ursprünglich aus Nordamerika stammenden wärmeliebenden Pflanze kann durch den Klimawandel verstärkt werden, da die Samenreife nur in warmen oder gemäßigten Klimaten mit milden Herbsttemperaturen erreicht wird. (S. 107)
Zielbezüge, Maßnahmen	Monitoring der atmosphärischen Pollenkonzentration, der Allergenität von Pflanzen sowie Prognose der zu erwartenden Pollenbelastung (WK_08)
Berichtspflichten	Derzeit keine

#### 4 Technische Informationen

Datenquelle	Teile A – C	Deutscher Wetterdienst (DWD): Phänologisches Beobachtungsnetz
Räumliche Auflösung	Teile A – C	NUTS 1
Geografische Abdeckung	Teile A – C	Ganz Bayern

Zeitliche Auflösung	Teile A – C	Ab 1951, jährlich Daten für Blühbeginn der Hängebirke erst ab 1991
Beschränkungen, Datenkosten	Keine	
Aufwand	Ca. 3 Stunden für die Datenfortschreibung	

## 5 Darstellung

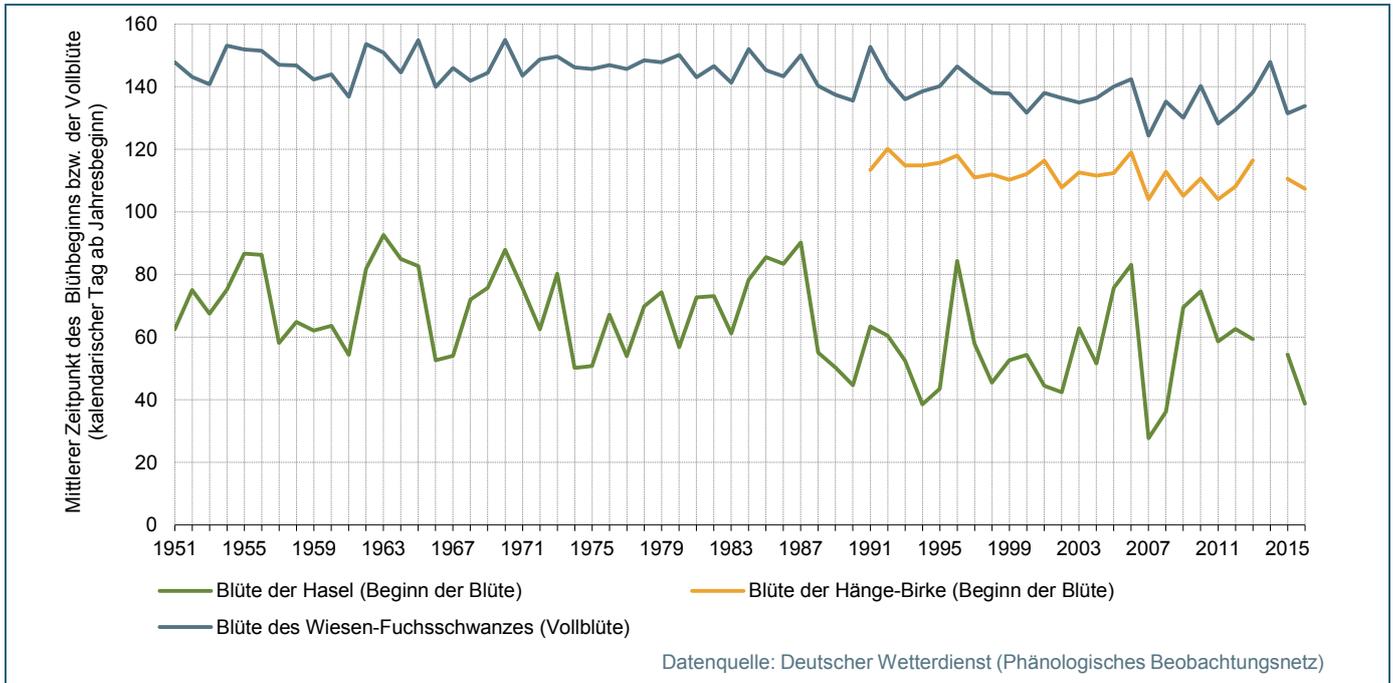


Abb. 1: Allergene Wildpflanzen

## 6 Glossar

### Allergie

Als Allergie wird eine überschießende Abwehrreaktion des Immunsystems auf bestimmte und normalerweise harmlose Umweltstoffe (Allergene) bezeichnet, die sich in typischen, oft mit entzündlichen Prozessen einhergehenden Symptomen äußert. Allergien und Hypersensitivität können sich äußern:

- an den Schleimhäuten (Heuschnupfen, Mundschleimhautschwellungen, Bindehautentzündung),
- an den Atemwegen (Asthma bronchiale),
- an der Haut (Neurodermitis, Kontaktekzem, Urtikaria),
- im Gastrointestinaltrakt (Erbrechen, Durchfälle, besonders bei Säuglingen und Kleinkindern),
- als akuter Notfall (anaphylaktischer Schock).

### Phänologie

Phänologie ist die Lehre vom Einfluss des Wetters, der Witterung und des Klimas auf die im Jahresablauf periodisch wiederkehrenden Wachstums- und Entwicklungserscheinungen der Pflanzen und Tiere. Phänologische Phasen bei Pflanzen sind gut beobachtenden Entwicklungserscheinungen wie z. B. die Blattentfaltung, die Blüte oder die Fruchtreife, die Ausdruck eines Wechsels in ihrem physiologischen Zustand sind. Bei Tieren werden beispielsweise der Vogelzug und die Paarungszeit als phänologische Phasen verstanden.

In Deutschland werden phänologische Daten seit 1951 vom DWD erfasst und archiviert. Heute erfolgen die Aufzeichnungen an ca. 1.400 Beobachtungsstandorten in Deutschland systematisch und methodisch standardisiert. Mit dem Klimawandel hat die phänologische Beobachtung an Bedeutung gewonnen. Wachstum und Entwicklung von Pflanzen und das Verhalten von Tieren ist integrierter Ausdruck des Wetter- und Witterungsgeschehens über längere Zeiträume. Sie sind damit auch eine hilfreiche Ergänzung zur reinen Wetterbeobachtung.

## Pollenallergie

Der Heuschnupfen führt bei etwa jedem dritten Heuschnupfenpatienten unbehandelt zu einem Pollenasthma. Die Atemwegserkrankungen werden durch den Blütenstaub (Pollen) von Bäumen, Sträuchern, Gräsern, Getreide und Wildkräutern ausgelöst. Urheber sind die Befruchtungszellen der Pflanzen, die bei der Berührung mit der menschlichen Schleimhaut ihren Zellinhalt entleeren. Oft sind es nicht nur Pollen einer, sondern verschiedener Pflanzen, die bei Betroffenen allergische Probleme auslösen.

## 7 Weiterführende Literatur

- Informationen des Bayerisches Landesamts für Umwelt zu Klimawandel und den Folgen für die Gesundheit: [www.lfu.bayern.de/klima/klimaanpassung/bayern/gesundheit/index.htm](http://www.lfu.bayern.de/klima/klimaanpassung/bayern/gesundheit/index.htm)
- Informationen des DWD zum Pollenflug: [www.dwd.de/pollenflug](http://www.dwd.de/pollenflug)
- DAS-Indikator-Factsheet GE-I-3 Belastung mit Ambrosiapollen: [www.umweltbundesamt.de/ge-i-3-das-indikator](http://www.umweltbundesamt.de/ge-i-3-das-indikator)
- Augustin J., Franzke N., Augustin M., Kappas M. 2008: Beeinflusst der Klimawandel das Auftreten von Haut- und Allergieerkrankungen in Deutschland? Journal der Deutschen Dermatologischen Gesellschaft 6 (2008), H. 8: 632-639.
- Beck I., Jochner S., Gilles S., McIntyre M., Buters J.T M., Schmidt-Weber C., Behrendt H., Ring J., Menzel A., Traidl-Hoffmann C. 2013: High Environmental Ozone Levels Lead to Enhanced Allergenicity of Birch Pollen. PLOS one, Nov 20, 2013, DOI: 10.1371.
- Beggs P. J. 2010: Adaptation to impacts of climate change on aeroallergens and allergic respiratory diseases. Int J Environ Res Public Health 7(8)
- Bergmann K.C., Zuberbier T., Augustin J., Mücke H.-G., Straff W., 2012: Klimawandel und Pollenallergie: Städte und Kommunen sollten bei der Bepflanzung des öffentlichen Raums Rücksicht auf Pollenallergiker nehmen. Allergo Journal 21(2): 103-108.
- Eis D. 2010: Klimawandel und nicht-übertragbare Krankheiten - Was wissen wir wirklich? Fortbildung für den Öffentlichen Gesundheitsdienst durch das RKI, Arbeitsgruppe Umweltmedizin in Berlin am 25.03.2010.
- Gassner M. & Schmid-Grendelmeier P. 2013: Hay fever as a Christmas gift. N Engl J Med. 368
- Haftenberger M., Ellert U., Kalcklösch M., Langen U., Schlaud M., Schmitz R., Thamm M. 2013: Prävalenz von Sensibilisierungen gegen Inhalations- und Nahrungsmittelallergene – Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). Bundesgesundheitsblatt 56(5/6).
- Kaminski U. & Glod T. 2011: Are there changes in Germany regarding the start of the pollen season, the season length and the pollen concentration of the most important allergenic pollens. Meteorologische Zeitschrift, vol. 20, issue 5: 497-507.
- Kaminski U. 2010: Klimawandel und Pollenflug. Allergie konkret. 2 /1010: 12-14.
- Kohlhuber M., Burckhardt F., Schindler P., Höller C., Beck H., Weber H., Fromme H.: 2006: Klimaveränderung in Bayern – Gesundheitliche Folgen und Perspektiven. Hrsg.: Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit. Überarbeitete Version Juli 2006, 47 S.  
[www.lgl.bayern.de/gesundheit/arbeitsplatz\\_umwelt/projekte\\_a\\_z/doc/klima\\_gesundheit\\_lgl\\_2006.pdf](http://www.lgl.bayern.de/gesundheit/arbeitsplatz_umwelt/projekte_a_z/doc/klima_gesundheit_lgl_2006.pdf)
- Lange M., Butschalowsky H. G., Jentsch F., Kuhnert R., Schaffrath Rosario A., Schlaud M., Kamtsiuris P., KiGGS Study Group. 2014: Die erste KiGGS-Folgebefragung (KiGGS Welle 1). Studiendurchführung, Stichprobendesign und Response.2014. Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz 57(7): 747-761.

- Lozán J.L., Grassl H., Jendritzky G., Karbe L., Maier A., Reise K. 2008: Gesundheitsrisiken durch Klimawandel im Überblick. In Lozán J., Graßl H., Jendritzky G., Karbe L., Reise K., Maier W.A. (Hrsg.): Wissenschaftliche Auswertungen. Hamburg: 11-18.
- Menzel A. & Behrendt H. 2008: Zunahme des Pollenflugs und die Gefahr von Allergien - Warnsignal Klima – Gesundheitsrisiken: Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen. In Lozán J., Graßl H., Jendritzky G., Karbe L., Reise K., Maier W.A. (Hrsg.): Wissenschaftliche Auswertungen. Hamburg: 132-135.
- Sperk C. & Mücke H.-G. 2009: Klimawandel und Gesundheit – Informations- und Überwachungssysteme in Deutschland Ergebnisse der internetbasierten Studie zu Anpassungsmaßnahmen an gesundheitliche Auswirkungen des Klimawandels in Deutschland. Umwelt und Gesundheit 03/2009, Dessau-Roßlau, 83 S.
- BayStMUV – Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (Hrsg.) 2015: Klima-Report Bayern 2015. Klimawandel, Auswirkungen, Anpassungs- und Forschungsaktivitäten.
- BayStMUV (Hrsg.) 2016: Bayerische Klima-Anpassungsstrategie. München, 218 S.



## Anlage 2-14 zur Machbarkeitsstudie „Indikatoren für Klimafolgen und Klimaanpassung in Bayern“

### Indikatoren-Kennblatt zum Klimafolgenmonitoring

## I-GE-3 Belastung mit Ambrosia

### 1 Basisinformationen

Verfasser	Bosch & Partner GmbH: Konstanze Schönthaler, Stefan v. Andrian-Werburg, Mareike Buth
Zuständigkeit	Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL)
Letzte Aktualisierung	23.03.2017
Nächste Fortschreibung	Ab 2019 werden in Bayern automatische Pollenflugmessungen durchgeführt. Dann sollte auf der Grundlage dieser Daten ein Indikator zur Pollenbelastung wichtiger allergener Pflanzen, u. a. der Ambrosie, aufgebaut werden. Die Datenquelle erlaubt dann gegenüber der nun verwendeten Datenquelle eine direktere Problemansprache.

### 2 Einordnung und Berechnung

Handlungsfeld	Menschliche Gesundheit
Kategorie	Impact Proxy-Indikator
Indikationsfeld	Gesundheitliche Auswirkungen von aerogenen Stoffen (BayKLAS-Themen: Wetterereignisse und nicht-infektiöse Krankheiten, Infektiöse Krankheiten)
Thematischer Teilaspekt	Zunahme allergischer Reaktionen durch zunehmende Belastung mit biologisch aktiven Partikeln (Aeroallergenen) pflanzlicher Herkunft: Pollen
Kurzbeschreibung des Indikators (Einheit)	Tage mit Pollenflugwarnungen zur Ambrosia des Deutschen Wetterdienstes in zwei zusammengefassten Warnstufen (keine/geringe bis geringe/mittlere Belastung sowie mittlere bis hohe Belastung), differenziert für vier bayerischer Regionen: Allgäu/Oberbayern/Bay. Wald, Donauniederungen, nördlich der Donau (ohne Bayr. Wald und Mainfranken), Mainfranken (Anzahl)
Berechnungsvorschrift	Summe der Warntage für Ambrosiapollenbelastung in den Warnstufen 0-1 (keine bis geringe Belastung) + 1 (geringe Belastung) + 1-2 (geringe bis mittlere Belastung)
Verständnis des Indikatorwerts	Je höher der Indikatorwert, an desto mehr Tagen warnt der Deutsche Wetterdienst wegen möglicher Pollenbelastung durch Ambrosie

### 3 Begründung und Interpretation

Begründung	Als spätblühende Art verlängert das Beifußblättrige Traubenkraut ( <i>Ambrosia artemisiifolia</i> ), auch Beifuß-Ambrosie, die Pollensaison stark nach hinten. Ihre Blütezeit reicht von Juli bis Ende Oktober (SPERK & STRAFF 2009). Die Pollen der Ambrosia verfügen zudem über eine erhebliche Allergenität. Bei spezifisch sensibilisierten Personen können bereits geringe Pollenkonzentrationen (ab ca. 10 Pollen pro m <sup>3</sup> Luft) allergische Symptome auslösen (BERGMANN
------------	--

	<p>et al. 2008). Daher wird bereits ab einer Konzentration von 11 Pollen pro m<sup>3</sup> Luft von einer starken Belastung gesprochen, im Unterschied etwa zu Gräserpollen (hier gilt &gt; 50/m<sup>3</sup> als starke Belastung) (vgl. DAS-Indikator-Factsheet GE-I-3). Ambrosiapollen verursachen in den meisten Fällen eine Heuschnupfen-Symptomatik. Ein relativ hoher Anteil, nämlich bis zu einem Viertel der betroffenen Ambrosia-Pollenallergiker bzw. -allergikerinnen, entwickelt auch ein Asthma bronchiale. Daneben können auch Hautreaktionen nach Hautkontakten mit dem Blütenstand oder anderen Pflanzenbestandteilen auftreten (Deutscher Bundestag 2010). Die Ambrosie stellt wegen des hohen Allergiepotenzials ihrer Pollen bei stärkerer Ausbreitung eine ernsthafte Gesundheitsgefahr für die Bevölkerung dar (BayStMUV 2015: 83).</p> <p>Noch ist die ursprünglich aus Nordamerika stammende Ambrosie wenig verbreitet. Lange Zeit war der Neophyt als einjährige Art ein relativ seltenes und unbeständiges Unkraut auf stark anthropogen beeinflussten Standorten. Erst seit Anfang der 1990er-Jahre nehmen die Bestände, die sich teilweise aus eigener Kraft vermehren konnten, zu. Heute kommt <i>Ambrosia artemisiifolia</i> in allen Bundesländern vor. Die meisten Vorkommen sind noch klein und unbeständig, insbesondere jene in Gärten, doch finden sich neuerdings gehäuft auch größere, etablierte Bestände mit vielen tausend Pflanzen (GABRIO et al. 2010). Die derzeit bevorzugten Lebensräume sind Gärten, Ruderalflächen, Äcker und Schnittblumenfelder, außerdem landwirtschaftliche Stilllegungsflächen, Baustellen sowie Straßen- und Wegränder (Deutscher Bundestag 2010). Innerhalb Deutschlands liegen die Verbreitungszentren vor allem in Süd- und Ostdeutschland. In Bayern sind die Vorkommen in den Regierungsbezirken unterschiedlich verteilt. In Oberbayern wurden zwischen 2007 und 2015 165 Bestände mit mehr als hundert Pflanzen identifiziert, in Mittelfranken waren es 85 und in Niederbayern 38. In den übrigen Bezirken bewegen sich die Funde zwischen 14 und 25 Beständen (LfL 2016).</p> <p>Die Ausbreitung ist stark anthropogen bedingt. Relevant ist insbesondere der Transport von Ambrosiasamen mit Warenarten, insbesondere mit Saaten (u. a. Import von sonnenblumenkernhaltigem Vogelfutter, das oft mit Ambrosiasamen verunreinigt ist; Verwendung ungenügend gereinigten Saatguts (z. B. Wildacker- oder Blumensaaten). Eine Ausbreitung findet ferner statt durch den Transport von Erde aus befallenen Gebieten im Zuge von Baumaßnahmen, durch Anhaften an landwirtschaftlichen Maschinen und – besonders bei Straßenrandbeständen – über Kraftfahrzeuge und Mähgeräte. Auf der Grundlage eines Gutachtens der europäischen Lebensmittelsicherheitsbehörde (EFSA 2010) ist inzwischen eine EU-Verordnung zur Begrenzung der Kontamination von Futtermitteln mit Ambrosiasamen geschaffen worden (EU 2011).</p> <p>Die einjährige Pflanze erreicht die zur Verbreitung erforderliche Samenreife nur in warmen oder gemäßigten Klimaten mit milden Herbstmonaten. Die Samen überdauern die kalte Jahreszeit und bleiben unter Umständen viele Jahre oder gar Jahrzehnte keimfähig, während die Pflanze selbst ziemlich frostempfindlich ist und deshalb nur bis zu den ersten stärkeren Frösten im Spätjahr überlebt (Eis 2010). Vor diesem Hintergrund wird von einem Zusammenhang von Klimawandel und Verbreitung der Beifuß-Ambrosie ausgegangen, auch wenn der Zusammenhang bisher nicht systematisch untersucht wurde und genaue Angaben, unter welchen klimatischen Bedingungen die Samenreife möglich ist, noch fehlen (Informationen des JKI).</p> <p>Als Datenquelle für die Generierung des Indikators wird der Pollenflug-Gefahrenindex genutzt. Der Gefahrenindex wird vom DWD in Zusammenarbeit mit der Stiftung Deutscher Polleninformationsdienst (PID) erstellt. Für die acht allergologisch wichtigsten Pollen in Deutschland (Hasel, Erle, Esche, Birke, Süßgräser, Roggen, Beifuß und Ambrosia) werden die in der Luft zu erwartenden Pollenkonzentrationen täglich dargestellt. Die ausgesprochenen Warnungen lassen sich für das jeweilige Jahr (hier für die Ambrosie) aufsummieren.</p>
Schwächen	<p>Der Pollenflug-Gefahrenindex hat den Charakter von Warnungen. Es handelt sich dabei nicht um tatsächlich gemessene Pollenkonzentrationen. Dies ist bei der Interpretation der Daten zu berücksichtigen.</p> <p>Die Warnstufen 2, 2-3 und 3 sind bis 2015 nicht aufgetreten. Es ist nicht absehbar, ob diese Warnstufen in Zukunft von Bedeutung sind.</p>
Referenzen auf andere Indikatoren-	<p>Klimafolgenmonitoring des Bundes: GE-I-3 Belastung mit Ambrosiapollen  Klimafolgenmonitoring Baden-Württemberg: I-GE-2: Ambrosiavorkommen</p>

systeme	
In der BayKLAS beschriebene Klimawandel-folgen	Weitere negative Folgen bestehen durch die Ausbreitung von Allergien durch eine längere und zeitlich verschobene Exposition gegenüber luftgetragenen Allergenen. Bedingt durch eine längere Vegetationsperiode sind Allergiker sowohl zeitiger als auch länger im Jahr dem Pollenflug ausgesetzt. Ein besonderes Risiko stellen die Pollen der wärmeliebenden und hoch allergenen Beifuß-Ambrosie ( <i>Ambrosia artemisiifolia</i> ) dar. Die Verbreitung der ursprünglich aus Nordamerika stammenden wärmeliebenden Pflanze kann durch den Klimawandel verstärkt werden, da die Samenreife nur in warmen oder gemäßigten Klimaten mit milden Herbsttemperaturen erreicht wird. (S. 106)
Zielbezüge, Maßnahmen	Bekämpfung und Verhinderung der Ausbreitung von hoch allergenen Pflanzen z. B. der Ambrosie („Ambrosiabekämpfungsprogramm“) (WK_09)
Berichtspflichten	Derzeit keine

#### 4 Technische Informationen

Datenquelle	Deutscher Wetterdienst (DWD): Pollenflug-Gefahrenindex
Räumliche Auflösung	NUTS 1
Geografische Abdeckung	Ganz Bayern
Zeitliche Auflösung	Ab 1951, jährlich Daten für Blühbeginn der Hängebirke erst ab 1991
Beschränkungen, Datenkosten	Keine
Aufwand	Ca. 3 Stunden für die Datenfortschreibung

#### 5 Darstellung

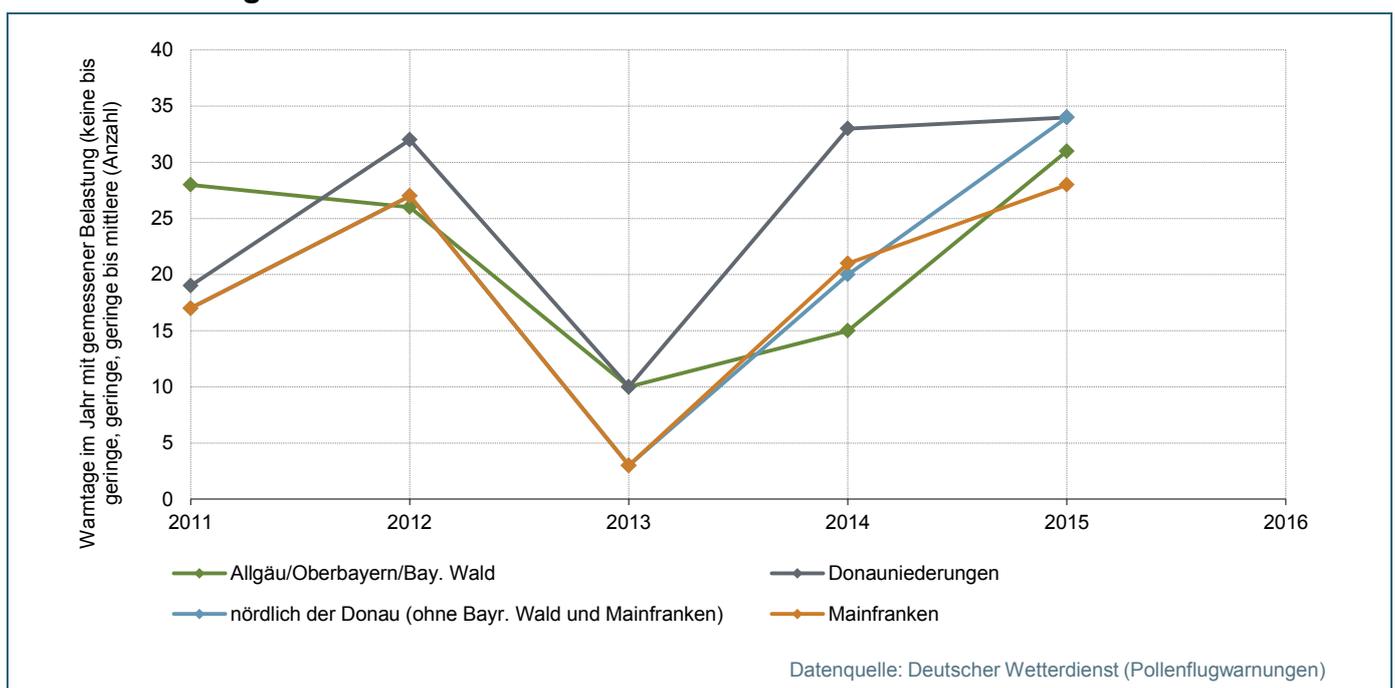


Abb. 1: Belastung mit Ambrosia

## 6 Glossar

### Allergie

Als Allergie wird eine überschießende Abwehrreaktion des Immunsystems auf bestimmte und normalerweise harmlose Umweltstoffe (Allergene) bezeichnet, die sich in typischen, oft mit entzündlichen Prozessen einhergehenden Symptomen äußert. Allergien und Hypersensitivität können sich äußern:

- an den Schleimhäuten (Heuschnupfen, Mundschleimhautschwellungen, Bindehautentzündung),
- an den Atemwegen (Asthma bronchiale),
- an der Haut (Neurodermitis, Kontaktekzem, Urtikaria),
- im Gastrointestinaltrakt (Erbrechen, Durchfälle, besonders bei Säuglingen und Kleinkindern),
- als akuter Notfall (anaphylaktischer Schock).

### Neophyt:

Als Neophyten bezeichnet man Pflanzen, die unter bewusster oder unbewusster, direkter oder indirekter Mithilfe des Menschen nach 1492, dem Jahr der Entdeckung Amerikas durch Christoph Kolumbus, in ein Gebiet gelangt sind, in dem sie natürlicherweise nicht vorkamen. Unter den eingeführten Arten bleiben viele auf menschliche Pflege angewiesen, ein Teil aber tritt auch wildwachsend im neuen Gebiet auf. Nur ein kleiner Teil von diesen kann dabei so dominant werden, dass einheimische Arten oder Lebensräume bedroht werden. Diese werden im Sinne der Biodiversitätskonvention als „invasive gebietsfremde Arten (invasive alien speices, IAS)“ bezeichnet. Invasive Arten rufen häufig neben ihrem negativen Einfluss auf die biologische Vielfalt auch wirtschaftliche oder gesundheitliche Schäden hervor.

### Pollenallergie

Der Heuschnupfen führt bei etwa jedem dritten Heuschnupfenpatienten unbehandelt zu einem Pollenasthma. Die Atemwegserkrankungen werden durch den Blütenstaub (Pollen) von Bäumen, Sträuchern, Gräsern, Getreide und Wildkräutern ausgelöst. Urheber sind die Befruchtungszellen der Pflanzen, die bei der Berührung mit der menschlichen Schleimhaut ihren Zellinhalt entleeren. Oft sind es nicht nur Pollen einer, sondern verschiedener Pflanzen, die bei Betroffenen allergische Probleme auslösen.

## 7 Weiterführende Literatur

- Informationen des Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft zur Beifuß-Ambrosie: [www.lfl.bayern.de/ips/unkraut/027800/](http://www.lfl.bayern.de/ips/unkraut/027800/)
- Informationen des Bayerischen Staatsministeriums für Gesundheit und Pflege zum Aktionsprogramm Ambrosia Bekämpfung in Bayern: [www.stmgp.bayern.de/vorsorge/umwelteinwirkungen/ambrosia-bekaempfung/](http://www.stmgp.bayern.de/vorsorge/umwelteinwirkungen/ambrosia-bekaempfung/)
- Informationen des DWD zum Pollenflug-Gefahrenindex: [www.dwd.de/pollenflug](http://www.dwd.de/pollenflug)
- Informationen des Julius-Kühn-Instituts (JKI) über sie: <http://pflanzengesundheit.jki.bund.de/index.php?menuid=60&reporeid=312>
- Informationen der Stiftung Deutscher Polleninformationsdienst: [www.pollenstiftung.de](http://www.pollenstiftung.de)
- Informationen der Projektgruppe Biodiversität und Landschaftsökologie / Friedberg: [www.ambrosiainfo.de](http://www.ambrosiainfo.de)
- DAS-Indikator-Factsheet GE-I-3 Belastung mit Ambrosiapollen: [www.umweltbundesamt.de/ge-i-3-das-indikator](http://www.umweltbundesamt.de/ge-i-3-das-indikator)
- Bayerischer Landtag 2015 (Hrsg.): Antwort auf die Schriftliche Anfrage des Abgeordneten Benno Zierer FREIE WÄHLER vom 22.07.2015 zum Aktionsprogramm zur Bekämpfung der Beifuß-Ambrosie. Drucksache 17/7971.
- BayStMGP – Bayerisches Staatsministerium für Gesundheit und Pflege (Hrsg.) 2015: Erfahrungsbericht 2014 und Aktionsprogramm „Ambrosiabekämpfung“ in Bayern 2015.

- Bergmann K.-C., Werchan D., Maurer M., Zuberbier T. 2008: Threshold value for Ambrosia pollen in nasal provocation: patients characterization. *Allergo Journal* 17: 375-376.
- Deutscher Bundestag, 17. Wahlperiode 2010: Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Undine Kurth (Quedlinburg), Cornelia Behm, Hans-Josef Fell, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Drucksache 17/3599 – Aktionsprogramm Ambrosia.  
<http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/17/037/1703799.pdf>
- EFSA – Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM), EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA), EFSA Panel on Plant Health (PLH) 2010: Scientific Opinion on the effect on public or animal health or on the environment on the presence of seeds of *Ambrosia* spp. in animal feed. *EFSA-Journal* 2010; 8(6):1566 (37 ff.). doi:10.2903/j.efsa.2010.1566.  
[www.efsa.europa.eu/de/scdocs/doc/1566.pdf](http://www.efsa.europa.eu/de/scdocs/doc/1566.pdf)
- Eis D. 2010: Klimawandel und nicht-übertragbare Krankheiten - Was wissen wir wirklich? Fortbildung für den Öffentlichen Gesundheitsdienst durch das RKI, Arbeitsgruppe Umweltmedizin in Berlin am 25.03.2010.  
[www.bfr.bund.de/cm/232/klimawandel\\_und\\_nicht\\_uebertragbare\\_krankheiten.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/232/klimawandel_und_nicht_uebertragbare_krankheiten.pdf)
- EU – Europäische Union 2011: Verordnung (EU) Nr. 574/2011 der Kommission vom 16. Juni 2011 zur Änderung des Anhangs I der Richtlinie 2002/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich der Höchstgehalte für Nitrit, Melamin, *Ambrosia* spp. und der Verschleppung bestimmter Kokzidiostatika und Histomonostatika sowie zur Konsolidierung der Anhänge I und II derselben. *Amtsblatt der Europäischen Union* L 159: 7-24.
- Gabrio T., Alberternst B., Kaminski U., Nawrath S., Behrendt H. 2010: *Ambrosia* – Welches gesundheitliche Risiko geht von dieser invasiven Art in Deutschland aus. *Zeitschrift des Bundesverbands der Hygieneinspektoren*. 12 Jg. 02/2010: 54-59.
- LfL – Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft 2016: Auftreten von *Ambrosia artemisiifolia* in Bayern. Institut für Pflanzenschutz - Herbolgie (Gehring K. & Thyssen S.)  
[www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ips/dateien/charakterisierung\\_der\\_befallsfl\\_ chen\\_07-12.pdf](http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ips/dateien/charakterisierung_der_befallsfl_ chen_07-12.pdf)
- Sperk C. & Straff W. 2009: Klimawandel und Gesundheit: Neuen Aeroallergenen auf der Spur. *UMID-Themenheft Klimawandel und Gesundheit*, Ausgabe 03/2009: 13-16.
- StMUV – Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (Hrsg.) 2015: *Klima-Report Bayern 2015. Klimawandel, Auswirkungen, Anpassungs- und Forschungsaktivitäten*.
- StMUV (Hrsg.) 2016: *Bayerische Klima-Anpassungsstrategie*. München, 218 S.



Indikatoren-Kennblatt zum Klimafolgenmonitoring

## I-KS-1 Wetter- und witterungsbedingte Katastrophenfälle

### 1 Basisinformationen

Verfasser	Bosch & Partner GmbH: Stefan v. Andrian-Werburg
Zuständigkeit	Bayerisches Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr (StMI): Sachgebiet ID4
Letzte Aktualisierung	15.03.2017
Nächste Fortschreibung	<p>Der mit Stand 31.12.2016 dargestellte Indikator bezieht sich auf die Anzahl der festgestellten Katastrophenfälle je Jahr. Er dient als Proxy Indikator für einen Indikator zur Darstellung der wetter- und witterungsbedingten Einsätze im Brand- und Katastrophenschutz, mit dem der Sachverhalt der Einsatzbelastung an sich dargestellt werden soll.</p> <p>Eine Erfassung der Einsatzzahlen der Feuerwehren erfolgt seit 2015 in einem zentralen Erfassungssystem, welches zukünftig bei Bedarf statistische Auswertungen differenziert nach Einsatzanlässen ermöglichen wird.</p> <p>Perspektivisch ist deshalb angedacht, den Indikator auf diese Datengrundlage zu beziehen. Nach dem derzeitigen Kenntnisstand wird empfohlen, dabei diejenigen Einsatzanlässe zu berücksichtigen, die sich eindeutig auf Wetter und Witterung beziehen:</p> <p>Brände</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Flächenbrände (Wald, Moor, Heide etc.)</li> </ul> <p>Techn. Hilfeleistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hochwasser</li> <li>• Sturmschäden.</li> </ul>

### 2 Einordnung und Berechnung

Handlungsfeld	Katastrophenschutz
Kategorie	Impact
Indikationsfeld	Einsatzkräfte (BayKLAS-Thema Katastrophenschutz)
Thematischer Teilaspekt	Belastung der Einsatzkräfte
Kurzbeschreibung des Indikators (Einheit)	Festgestellte Katastrophenfälle, differenziert nach den wetter- und witterungsbedingten Ursachen „Überschwemmungen“, „Flächenbrände“, „Schnee, Eis“ (Anzahl)
Berechnungsvorschrift	Direkte Übernahme der Daten
Verständnis des Indikatorwerts	Je höher der Indikatorwert, desto mehr wetter- und witterungsbedingte Katastrophenfälle wurden festgestellt.

### 3 Begründung und Interpretation

Begründung	<p>Als eine wesentliche Wirkung des Klimawandels mit Blick auf Brand- und Katastrophenschutz werden eine Zunahme von Intensität und Häufigkeit von wetter- und witterungsbedingten Extremereignissen und ggf. auch eine vermehrte Gleichzeitigkeit dieser Ereignisse erwartet. Dadurch werden auch die Behörden, Stellen und Einsatzorganisationen, die mit der Bewältigung von Extremereignissen betraut sind, immer stärker und häufiger gefordert. Bereits in den vergangenen Jahren haben extreme Überschwemmungsereignisse zu einer erhöhten Einsatzbelastung geführt. Es ist notwendig, die Veränderung der Anforderungen zu beobachten, damit ggf. notwendige Anpassungen vorgenommen werden können. (Vgl. DAS-Indikator-Factsheet BS-I-1)</p> <p>Der perspektivisch angedachte Indikator ermöglicht es, über die Zahl wetter- und witterungsbedingter Einsätze die Anforderungen an den Brand- und Katastrophenschutz über die Jahre direkter zu beobachten und zu vergleichen. Er stützt sich auf das zentrale Einsatzerfassungssystem der Feuerwehren im Freistaat Bayern, das grundsätzlich auch Auswertungen hinsichtlich der Häufigkeit wetter- und witterungsbedingter Einsätze, z. B. im Zusammenhang mit</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bränden, das heißt Flächenbränden (Wald, Moor, Heide etc.) bzw.</li> <li>• Technischen Hilfeleistungen bei Hochwasser bzw. infolge von Sturmschäden, ermöglichen wird.</li> </ul> <p>Als Proxy-Indikator wird die Anzahl der festgestellten Katastrophenfälle mit den Ursachen Überschwemmung, Schnee und Eis, Flächenbrände verwendet. Diese bezieht sich auf die Übersicht der jährlich festgestellten Katastrophenfälle, gegliedert nach dem jeweiligen Ereignis.</p> <p>Ereignisse, die sich eindeutig auf technisch bedingte oder sonstige Ursachen zurückführen lassen, sind in der Auswertung nicht berücksichtigt.</p>
Schwächen	<p>Aufgrund des Bezugs zur gesetzlichen Definition werden in der Übersicht der festgestellten Katastrophenfälle, die dem Proxy-Indikator zugrunde liegt, nicht alle extremen Wetter- und Witterungsereignisse, die im öffentlichen Gedächtnis als „katastrophal“ gespeichert sind, aufgeführt. Beispielsweise ist der Orkan Kyrill, der auch in Bayern massive Schäden verursachte und wegen dem etwa der Bahnverkehr unterbrochen werden musste, nicht aufgeführt.</p> <p>Der Proxy-Indikator benennt diejenigen Landkreise und kreisfreien Städte, die als Katastrophenschutzbehörden das Vorliegen einer Katastrophe festgestellt haben. Die Informationen lassen einen Rückschluss auf die Häufigkeit der Ereignisse nach den jeweiligen Ursachen zu. Rückschlüsse auf die Dauer der Ereignisse wären nur mit einem deutlich erhöhten Aufwand möglich.</p>
Referenzen auf andere Indikatoren-systeme	<p>Klimafolgenmonitoring des Bundes: BS-I-1 Einsatzstunden bei wetter- und witterungsbedingten Schadenereignissen</p> <p>Klimafolgenmonitoring Thüringen: I-KS-1 Wetter- und witterungsbedingte Einsätze des Brand- und Katastrophenschutzes</p>
In der BayKLAS beschriebene Klimawandel-folgen	<p>In den letzten Jahren sind in Bayern zahlreiche extreme Naturereignisse aufgetreten und haben mitunter zu großen, teilweise sogar verheerenden Schäden geführt. Als klimasensitiv können davon insbesondere Hochwasser, Überschwemmungen, Stürme, Hagel, Lawinen, Murenabgänge und Waldbrände identifiziert werden. Mit der beobachteten Zunahme von Intensität und Häufigkeit dieser Extremereignisse (Abbildung 20) werden gleichsam auch die mit deren Bewältigung betrauten Behörden, Stellen und Einsatzorganisationen immer stärker und häufiger gefordert. (S. 116)</p>
Zielbezüge, Maßnahmen	<p>Als Anpassungsmaßnahme wurden bayernweit sogenannte Hilfeleistungskontingente aufgestellt, um bei großflächigen Naturkatastrophen die erforderliche überregionale Katastrophenhilfe zu gewährleisten. (S. 117)</p> <p>Fortentwicklung der Katastrophenschutz-Sonderplanungen zur Bewältigung von Naturkatastrophen (KS_02)</p> <p>Fortentwicklung der Einsatzplanung und der organisationsübergreifenden Zusammenarbeit im Katastrophenschutz, auch vor dem Hintergrund zunehmender und in ihrer Intensität verstärk-</p>

	ter extremer Naturgefahren (KS_08)
Berichtspflichten	Derzeit keine

#### 4 Technische Informationen

Datenquelle	Bayerisches Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr, Sachgebiet ID4: interne Datenhaltung
Räumliche Auflösung	NUTS 1
Geografische Abdeckung	Ganz Bayern
Zeitliche Auflösung	Ab 2000, jährlich
Beschränkungen, Datenkosten	Keine Datenkosten; Daten müssen direkt beim Bayerischen Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr angefragt werden.
Aufwand	Ca. 2 Stunden für die Datenfortschreibung

#### 5 Darstellung

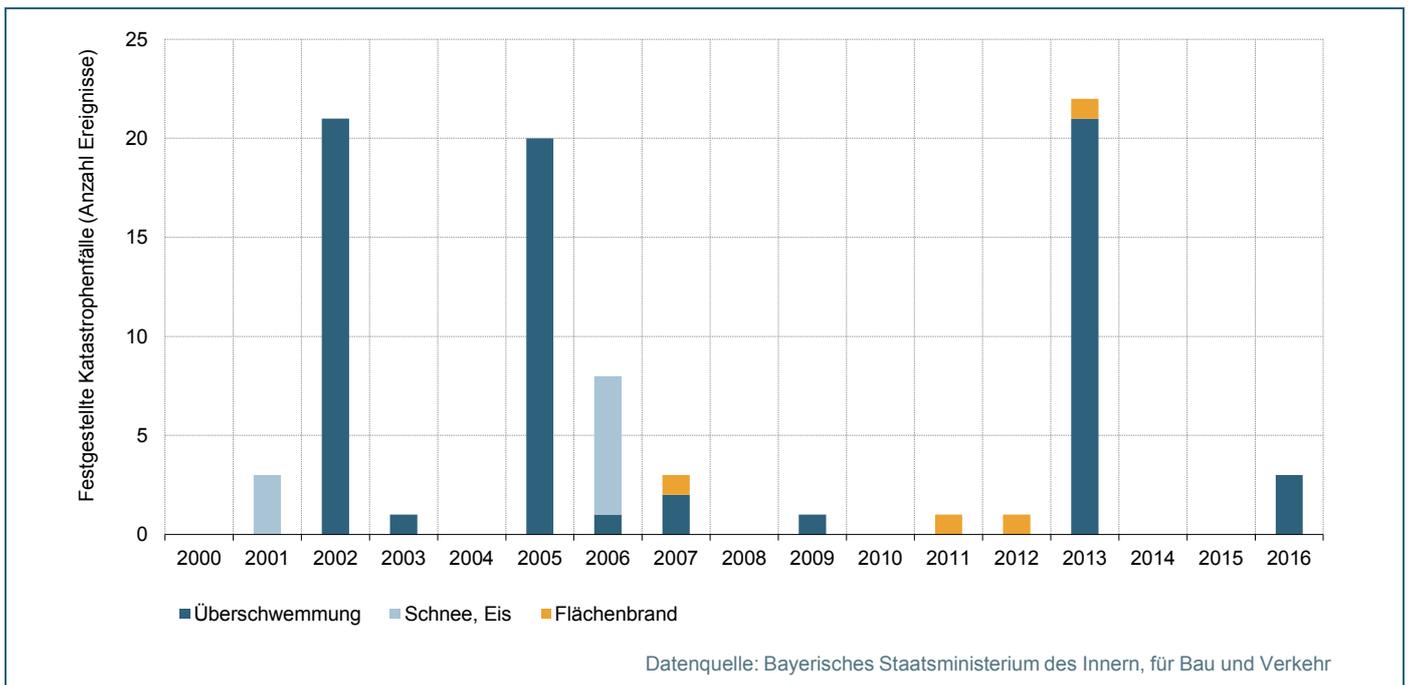


Abb. 1: Wetter- und witterungsbedingte Katastrophenfälle

#### 6 Glossar

##### Katastrophe

Eine Katastrophe im Sinn des Bayerischen Katastrophenschutzgesetzes (BayKSG) ist gemäß Artikel 1 Absatz 2 BayKSG ein Geschehen, bei dem Leben oder Gesundheit einer Vielzahl von Menschen oder die natürlichen Lebensgrundlagen oder bedeutende Sachwerte in ungewöhnlichem Ausmaß gefährdet oder geschädigt werden und die Gefahr nur abgewehrt oder die Störung nur unterbunden und beseitigt werden kann, wenn unter Leitung der Katastrophenschutzbehörde die im Katastrophenschutz mitwirkenden Behörden, Dienststellen, Organisationen und

die eingesetzten Kräfte zusammenwirken.

Das Vorliegen einer Katastrophe ist gemäß Artikel 4 Absatz 1 BayKSG durch die Katastrophenschutzbehörde festzustellen.

## **7 Weiterführende Literatur**

- Informationen zu extremen Naturereignissen in Bayern: [www.lfu.bayern.de/klima/klimabeobachtung/beobachtung\\_bayern/naturkatastrophen/index.htm](http://www.lfu.bayern.de/klima/klimabeobachtung/beobachtung_bayern/naturkatastrophen/index.htm)
- DAS-Indikator-Factsheet BS-I-1 Einsatzstunden bei wetter- und witterungsbedingten Schadenereignissen: [www.umweltbundesamt.de/bs-i-1-das-indikator](http://www.umweltbundesamt.de/bs-i-1-das-indikator)
- Allianz Deutschland AG 2008: Katastrophenschutz auf dem Prüfstand – Analysen, Prognosen und Empfehlungen für Deutschland. 58 S.
- Unger C. 2011: Anpassung an extremere Wetterereignisse im Klima von morgen. Statement zur Pressekonferenz am 15.02.2011 in Berlin.



Anlage 2-16 zur Machbarkeitsstudie „Indikatoren für Klimafolgen und Klimaanpassung in Bayern“

Indikatoren-Kennblatt zum Klimafolgenmonitoring

## R-RO-1 Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für die Wasserversorgung

### 1 Basisinformationen

Verfasser	Bosch & Partner GmbH: Mareike Buth
Zuständigkeit	Bayerisches Staatsministerium der Finanzen, für Landesentwicklung und Heimat (StMFLH), Referat 54 Raumordnung: Gerlinde Bartel
Letzte Aktualisierung	23.03.2017
Nächste Fortschreibung	

### 2 Einordnung und Berechnung

Handlungsfeld	Raumordnung (Landes- und Regionalplanung)	
Kategorie	Response	
Indikationsfeld	Raumordnerische und weitere Festlegungen für die Raumnutzung (BayKLAS-Thema: Landes- und Regionalplanung)	
Thematischer Teilaspekt	Sicherung der Wasserversorgung	
Kurzbeschreibung des Indikators (Einheit)	Teil A	Flächengröße der Vorranggebiete für die Wasserversorgung (Hektar, ha)
	Teil B	Flächengröße der Vorbehaltsgebiete für die Wasserversorgung (Hektar, ha)
Berechnungsvorschrift	Teile A, B	Direkte Übernahme der Daten
Verständnis des Indikatorwerts	Teile A, B	Je höher der Indikatorwert, desto größer ist die Fläche, die als Vorrang- bzw. Vorbehaltsgebiet für die Wasserversorgung ausgewiesen ist.

### 3 Begründung und Interpretation

Begründung	<p>Zwischen Wasserkreislauf und Klima besteht eine enge Verbindung. Veränderte Niederschlags- und Temperaturverhältnisse wirken sich auf alle Prozesse im Wasserhaushalt aus und beeinflussen so die Grundwasserneubildungsrate sowie die Menge und ggf. die Qualität von Grund- und Oberflächengewässern, die zur Trinkwassergewinnung genutzt werden. (vgl. DAS-Indikator-Factsheet RO-R-2)</p> <p>Die öffentliche Trinkwasserversorgung kann in Bayern zu rund 90 % aus Grund- und Quellwasser gedeckt werden (Bayerische Staatsregierung 2015: 32). Trotz eines insgesamt aus-</p>
------------	--

	<p>reichenden Wasserdargebots gibt es in Bayern regional begrenzte Wassermangelgebiete mit nur geringen nutzbaren Grundwasservorkommen. So fallen in manchen Gegenden Unterfrankens, beispielsweise bei Würzburg, weniger als 500 mm Niederschlag im Jahr. Zum Vergleich: In Oberbayern liegt der durchschnittliche Jahresniederschlag bei 1030 mm. Durch den Klimawandel werden sich die Niederschlagsmuster verändern. Während der Niederschlag im Winter voraussichtlich zunimmt, werden die Sommer trockener. Gleichzeitig führen steigende Temperaturen zu höheren Verdunstungsraten, was die Grundwasserneubildungsrate senkt. Dadurch kann sich die Situation in Wassermangelgebieten weiter verschärfen. (vgl. Regierung von Unterfranken o.J.)</p> <p>Die öffentliche Wasserversorgung ist eine Aufgabe der Daseinsvorsorge. Zum Schutz von derzeit bestehenden oder künftigen Wassergewinnungsanlagen für die öffentliche Wasserversorgung sieht das Wasserhaushaltsgesetz die Ausweisung von Wasserschutzgebieten vor, die von den Kreisverwaltungsbehörden per Verordnung festgesetzt werden. Ergänzend hierzu beauftragt das Landesentwicklungsprogramm die Regionalplanung Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für die Wasserversorgung in den Regionalplänen zum Schutz der empfindlichen Bereiche von Grundwassereinzugsgebieten und zur Sicherung bedeutsamer Grundwasservorkommen festzulegen. Diese zusätzlich zu den gesetzlichen Schutzgebieten ausgewiesenen Vorrang- und Vorbehaltsgebiete zeigen den Beitrag der Raumordnung zum Trinkwasserschutz. Vor allem der Schutz von Grundwasserreserven, also Grundwasser, das zukünftig als Trinkwasser genutzt werden kann, dient der vorausschauenden Anpassung an die Folgen des Klimawandels.</p>
Schwächen	<p>Da Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für die Wasserversorgung nur außerhalb der gesetzlichen Schutzgebiete ausgewiesen werden, bildet der Indikator die Schutzgebietenkulisse zur Wasserversorgung nicht vollumfänglich ab.</p> <p>Der Indikator erlaubt keine Aussagen zur Qualität der Ausweisungen (z. B. zum räumlichen und funktionalen Zusammenhang, zur Größe und Qualität der geschützten Grundwasserkörper oder ob sie ausreichend dimensioniert sind).</p> <p>Gleichzeitig zeigt der Indikator nicht, in welchem Umfang die Vorrang- und Vorbehaltsgebiete zum Schutz von noch nicht erschlossenen Wasserreserven ausgewiesen werden. Dienen sie aber dem Schutz gegenwärtig genutzter Trinkwasservorkommen, ist der Zusammenhang zur Klimaanpassung eher gering, wobei auch der Schutz gegenwärtig genutzter Trinkwasservorkommen einer Wasserknappheit entgegenwirkt und damit die Klimawandelanpassung unterstützt.</p> <p>Regionalpläne haben i. d. R. langjährige Gültigkeit. Änderungen der Größe der Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für die Wasserversorgung können nur im Turnus der Fortschreibungen erfolgen.</p>
Referenzen auf andere Indikatoren-systeme	Klimafolgenmonitoring des Bundes: RO-R-2 Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für Grundwasserschutz und Trinkwassergewinnung
In der BayKLAS beschriebene Klimawandel-folgen	<p>Während langanhaltender Trockenperioden bei gleichzeitig erhöhtem Trinkwasserbedarf (Spitzenwasserbedarf) kann es in der öffentlichen Wasserversorgung vereinzelt zu lokalen Engpässen kommen. Insbesondere wenn bei Quelfassungen das Wasserdargebot stark zurückgeht und kein zusätzlicher Wasserbezug von einer leistungsfähigen Anlage möglich ist. Mit Ausnahme weniger Einzelfälle kann die Wasserversorgung in Bayern nach den aktuellen Wasserversorgungsbilanzen großräumig als gesichert gelten. Dabei wird vorausgesetzt, dass der Vorrang der öffentlichen Wasserversorgung auch bei verstärkten Nutzungskonflikten zu anderen Handlungsfeldern vor allem in Zeiten geringer Niederschlagsmengen beachtet wird, wie beispielsweise bei der land- und forstwirtschaftlichen Bewässerung, der Kühlwasserversorgung oder der künstlichen Beschneidung →Land- und Forstwirtschaft, →Tourismus, →Energiewirtschaft, →Industrie und Gewerbe. (S. 38)</p> <p>In diesen Regionen (z. B. Ostbayerisches Kristallin, Moränenland sowie in Bereichen des Nordbayerischen Schichtstufenlandes) kann es aufgrund des erhöhten Trinkwasserbedarfs während (sommerlicher) Niedrigwasserperioden zum Teil zu verstärkten Engpässen bei der Versorgung kommen, sofern kein zusätzlicher Wasserbezug von einer leistungsfähigen</p>

	Anlage möglich ist. (S. 36) Beobachtete und zukünftig verstärkt auftretende Niederschlagsdefizite, erhöhte Verdunstung und gesteigerter Wasserbedarf (Kühlwasser, Trinkwasser, Beregnung etc.) im Sommerhalbjahr führen zu einer Reduzierung des Abflussdargebots sowie der Wasserstände (Niedrigwasser) von Stand- und Fließgewässern. Stand- und Fließgewässer mit kleinen Einzugsgebieten verlanden bzw. trocknen in warmen und niederschlagsarmen Sommern häufiger aus (→Naturschutz). (S. 36)
Zielbezüge, Maßnahmen	Darstellung von gebietsscharfen Festlegungen in Regionalplänen z. B. durch Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für die Wasserversorgung; regionale Grünzüge sowie landschaftliche Vorbehaltsgebiete (LR_04)
Berichtspflichten	Derzeit keine

#### 4 Technische Informationen

Datenquelle	Teile A, B	Bayerisches Staatsministerium der Finanzen, für Landesentwicklung und Heimat (StMFLH): Regionalpläne der 18 Regionen in Bayern
Räumliche Auflösung	Teile A, B	NUTS 1
Geografische Abdeckung	Teile A, B	Ganz Bayern
Zeitliche Auflösung	Teile A, B	2008, ab 2015 im Turnus der angestrebten Fortschreibung der Datenreihe
Beschränkungen, Datenkosten	Bislang wurde die Fläche der Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für die Wasserversorgung nicht regelmäßig dokumentiert. Um den Indikator fortzuschreiben, müsste künftig im angestrebten Turnus der Fortschreibung der Indikator-Datenreihen (z. B. alle fünf Jahre) der Stand bei den Planungsregionen abgefragt und dokumentiert werden. Eine häufigere Abfrage wird nicht als notwendig erachtet, da Regionalpläne eine mehrjährige Gültigkeit besitzen und kurzfristige Veränderungen oder Schwankungen der Indikatorwerte daher nicht zu erwarten sind.	
Aufwand	Ca. 5 Stunden für die Datenfortschreibung	

## 5 Darstellung

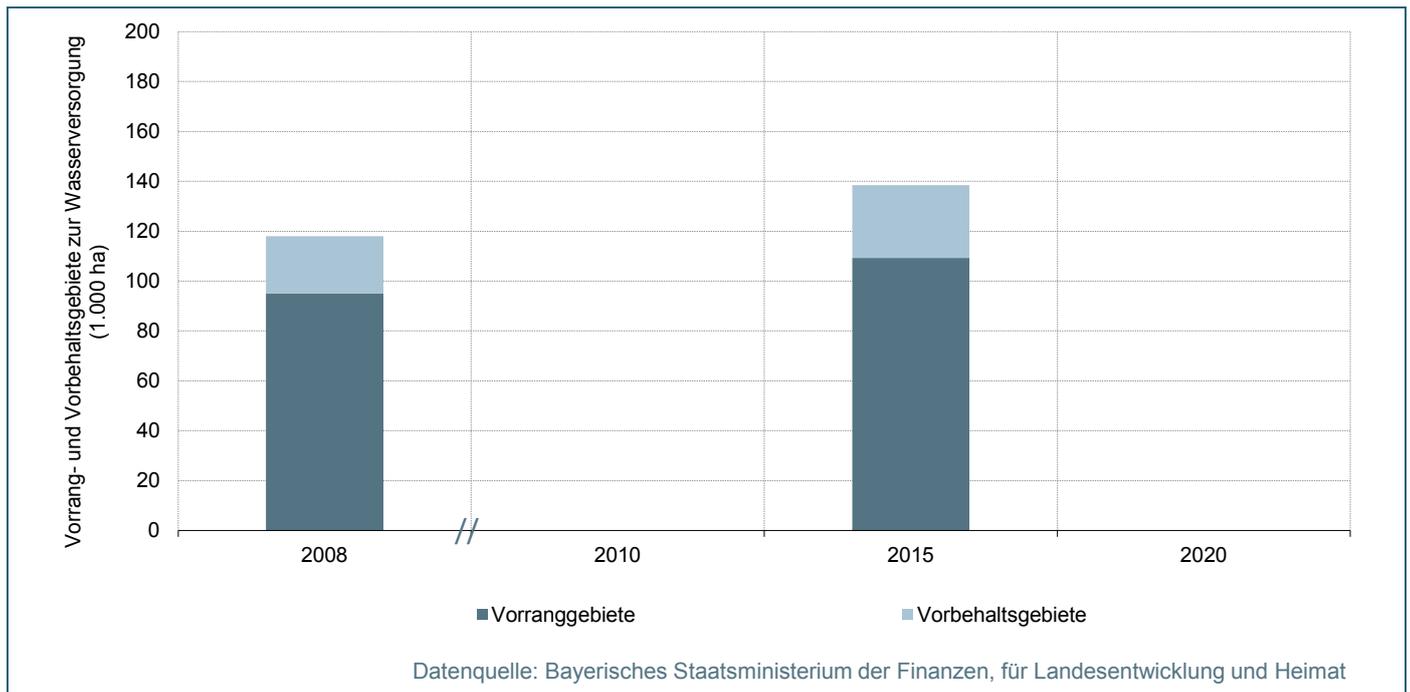


Abb. 1: Fläche der Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für die Wasserversorgung

## 6 Glossar

### Vorbehaltsgebiete

Vorbehaltsgebiete messen in den jeweiligen Gebieten bestimmten raumbedeutsamen Funktionen oder Nutzungen für nachfolgende Abwägungen mit konkurrierenden raumbedeutsamen Nutzungen ein besonderes Gewicht bei. Sie schließen aber die Zulassung entgegenstehender Nutzungen nicht vollständig aus. Es handelt sich bei Vorbehaltsgebieten um Grundsätze der Raumordnung. Grundsätze sind gemäß Art. 14 Abs. 2 Satz 2 BayLplG zu berücksichtigen, d. h. ihre inhaltliche Ausrichtung ist bei weiteren, auf der Ebene der Raumordnung noch nicht abschließend vollzogenen Abwägungen mit anderen örtlichen oder sektoralen Belangen zu berücksichtigen

### Vorranggebiete

Vorranggebiete geben bestimmten raumbedeutsamen Funktionen oder Nutzungen Priorität und schließen andere raumbedeutsame Nutzungen in diesem Gebiet aus, soweit Letztere mit den vorrangigen Funktionen, Nutzungen oder Zielen der Raumordnung nicht vereinbar sind. Es handelt sich dabei um Ziele der Raumordnung. Ziele der Raumordnung sind gemäß Art. 14 Abs. 2 Satz 1 BayLplG zu beachten. Dies bedeutet, dass sie bereits letztverbindlich abgewogen sind. Sie können deshalb in Bauleitplänen und in Fachplanungen nicht erneut abgewogen (respektive: „weggewogen“), sondern nur noch dem jeweiligen Planungsmaßstab entsprechend konkretisiert werden.

## 7 Weiterführende Literatur

- Bayerische Staatsregierung (Hrsg.) 2013: Landesentwicklungsprogramm Bayern (LEP), 86 S. [www.landesentwicklung-bayern.de/instrumente/landesentwicklungsprogramm/landesentwicklungsprogramm-bayern-lep](http://www.landesentwicklung-bayern.de/instrumente/landesentwicklungsprogramm/landesentwicklungsprogramm-bayern-lep)
- Bayerische Staatsregierung (Hrsg.) 2015: 17. Raumordnungsbericht. Bayern 2008 – 2012, 126 S. [www.landesentwicklung-bayern.de/fileadmin/user\\_upload/landesentwicklung/Dokumente\\_und\\_Cover/Raumb Beobachtung/17\\_ROB/17\\_ROB\\_gesamt\\_Internet.pdf](http://www.landesentwicklung-bayern.de/fileadmin/user_upload/landesentwicklung/Dokumente_und_Cover/Raumb Beobachtung/17_ROB/17_ROB_gesamt_Internet.pdf)

- BayStMUV – Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (Hrsg.) 2016: Bayerische Klima-Anpassungsstrategie. München, 218 S.
- Regierung von Unterfranken (Hrsg.) o.J.: Aktion Grundwasserschutz. Trinkwasser für  
ken. [www.aktiongrundwasserschutz.de](http://www.aktiongrundwasserschutz.de)



Indikatoren-Kennblatt zum Klimafolgenmonitoring

## R-SB-1 Flächenverbrauch

### 1 Basisinformationen

Verfasser	Bosch & Partner GmbH: Stefan v. Andrian-Werburg
Zuständigkeit	Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), Ref. 11 Medienübergreifender Umweltschutz, Infozentrum Umweltwirtschaft: Hans Frieß
Letzte Aktualisierung	21.08.2017
Nächste Fortschreibung	Der Flächenverbrauchs-Bericht 2017 erscheint Ende 2017; Die Versiegelungsstudie erscheint etwa alle 10 Jahre.

### 2 Einordnung und Berechnung

Handlungsfeld	Städtebau (Bauleitplanung)	
Kategorie	Response	
Indikationsfeld	Steuerung der Flächennutzung (BayKLAS-Themen: Städtebauliche Entwicklung SE, Grün- und Freiflächen GF)	
Thematischer Teilaspekt	Angepasste Entwicklung von Siedlungen und Infrastrukturen	
Kurzbeschreibung des Indikators (Einheit)	Indikator	Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsflächen (SuV). (Hektar pro Tag)
	Zusatz	Veränderung des Versiegelungsgrades der Siedlungs- und Verkehrsflächen. (Prozent)
Berechnungsvorschrift	Indikator	$[(\text{Siedlungs- und Verkehrsflächen in Bayern in Hektar } t_0) - (\text{Siedlungs- und Verkehrsflächen in Bayern in Hektar } t-1)] / 365$ . Für Schaltjahre wird der Divisor 366 verwendet.
	Zusatz	Veränderung des Versiegelungsgrades der SuV-Flächen in Prozent = Versiegelungsgrad der SuV-Flächen im Jahr 2015 in Prozent - Versiegelungsgrad der SuV-Flächen im Jahr 2000 in Prozent
Verständnis des Indikatorwerts	Indikator	Je höher der Indikatorwert, desto stärker hat die bereits vorhandene Siedlungs- und Verkehrsfläche in Betrachtungsjahr zugenommen.
	Zusatz	Je höher der Indikatorwert, desto stärker hat der Anteil tatsächlich versiegelter Flächen im Siedlungs- und Verkehrsbereich im Jahr 2015 gegenüber dem Jahr 2000 zugenommen.

### 3 Begründung und Interpretation

Begründung	<p>Die unbebaute, unzerschnittene und unzersiedelte Fläche ist eine begrenzte und gleichwohl begehrte Ressource. Um ihre Nutzung konkurrieren z. B. Land- und Forstwirtschaft, Siedlung und Verkehr, Naturschutz sowie Rohstoffabbau und Energieerzeugung.</p> <p>Die Raumordnung hat sich als Strategie zum Klimaschutz (vgl. MKRO 2013) eine energiesparende und verkehrsvermeidende Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung auf ihre Fahnen geschrieben. Als eine auf den Klimawandel bezogene Minderungs- und Vermeidungsstrategie setzt sie dabei auf das raumordnerische Grundprinzip einer dezentralen Konzentration der Siedlungsentwicklung mit einer darauf abgestimmten Bündelung der linienförmigen Infrastruktur.</p> <p>Durch die Steuerung der Siedlungsentwicklung können Raum- und Bauleitplanung zu einer Reduzierung der Flächeninanspruchnahme (Flächenverbrauch) beitragen.</p> <p>Die Reduzierung des Flächenverbrauchs ist als generelle Anpassungsmaßnahme anzusehen, die insbesondere vor dem Hintergrund zunehmender Gefahren durch Hochwasser dazu beiträgt, Versickerungsflächen zu erhalten oder zu schaffen. Klimawandelbedingte Extremwetterereignisse führen zu einer höheren Gefährdung von Gebäuden und Verkehrswegen, so dass auch das Schadenspotenzial zunimmt, je mehr solcher Infrastrukturen errichtet werden.</p> <p>Die Umwidmung von Freiflächen, überwiegend der landwirtschaftlich genutzten Acker- und Grünlandflächen in SuV-Flächen bedeutet in Verbindung mit einer zunehmenden Versiegelung der Böden auch</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• den Verlust klimatisch bedeutsamer Freiflächen (v. a. gravierend innerhalb von bioklimatisch belasteten Gebieten),</li> <li>• den Verlust von Retentionsräumen für einen ausgeglichenen Gebietswasserhaushalt einschließlich möglicher Auswirkungen auf die Trinkwasserversorgung,</li> <li>• den Verlust wichtiger Lebensraumfunktionen für Tiere, Pflanzen und Mikroorganismen einschließlich des Verlustes von Vernetzungsstrukturen,</li> <li>• den Verlust bzw. die starke Beeinträchtigung natürlicher Bodenfunktionen, insbesondere des Bodenwasserhaushaltes,</li> <li>• den Verlust fruchtbarer Böden für die Landwirtschaft sowie für die Erzeugung nachwachsender Rohstoffe für den Klimaschutz.</li> </ul> <p>Die zur Reduzierung des Flächenverbrauchs erwünschte verstärkte Innenentwicklung und Nachverdichtung darf im Kontext der Klimaanpassung nicht zu Lasten von innerstädtischen Freiflächen und Erholungsflächen gehen und damit einer weiteren Zunahme des Versiegelungsgrades Vorschub leisten.</p> <p>Methodische Umstellungsarbeiten in den amtlichen Liegenschaftskatastern, auf denen die Flächenstatistik basiert (vgl. DAS-Indikator-Factsheet RO-R-5) erschweren derzeit eine Trendanalyse für den Indikator. Daher wird derzeit auch auf Länderebene geprüft (LIKI), inwieweit die Berechnung des Anstiegs der Siedlungs- und Verkehrsfläche als gleitender Vierjahres-Durchschnitt (vgl. Bundes-Ebene) belastbare Aussagen für eine Trendanalyse liefert. Für eine künftige Interpretation der Entwicklung können ergänzend zum Indikator auch die aufgeschlüsselten Anteile der Nutzungskategorien (s. o.) hilfreich sein.</p> <p>Der Indikatorzusatz beschreibt die Veränderung des Versiegelungsgrades der Siedlungs- und Verkehrsflächen zwischen dem Jahr 2000 und 2015 in allen Landkreisen und kreisfreien Städten Bayerns. Die aktuelle Versiegelungsstudie ergibt, dass fast überall eine Zunahme des Versiegelungsgrades zu verzeichnen ist. Für ganz Bayern hat er um 3,7 % auf 50,9 % zugenommen.</p>
Schwächen	<p>Der Indikator ist nur indirekt als Anpassungsmaßnahme an den Klimawandel zu kategorisieren. Streng genommen stellt er fest, ob Maßnahmen zur Reduzierung des Flächenverbrauchs, die auch aus anderen Motivationen (wie Umwelt- und Ressourcenschutz) heraus erfolgen, zielführend sind. Dennoch ist die Steuerung der Siedlungsentwicklung eine der wichtigen Aufgaben der Raum- und Bauleitplanung zur Verbesserung der Ausgangsbedingungen</p>

	<p>für die Klimawandelanpassung. (vgl. DAS-Indikator-Factsheet RO-R-5)</p> <p>Des Weiteren ist zu beachten, dass sich die Datenquelle der Flächenerhebung geändert hat. Das bisher verwendete Automatisierte Liegenschaftsbuch (ALB) wurde als Datenquelle durch das Amtliche Liegenschaftskataster-Informationssystem (ALKIS) der Bayerischen Vermessungsverwaltung abgelöst. Im Rahmen der ALKIS-Umstellung wurde in Bayern der gesamte Flächendatenbestand komplett neu erfasst. Während beim ALB die Flurstücke mit teils veralteten Nutzungsartenzuordnungen die Datengrundlage bildeten, basiert ALKIS auf digital ermittelten geometrischen Flächen, bei denen überwiegend Luftaufnahmen genutzt wurden. Zudem wurde bei der ALKIS-Umstellung nicht nur der Datenbestand aktualisiert, sondern bundesweit auch die Nutzungsartenzuordnung teilweise geändert. Im Ergebnis hat sich die Flächengröße der einzelnen Nutzungsarten z. T. deutlich verschoben, sodass die Vergleichbarkeit ALKIS-basierter Flächenerhebung mit der ALB-basierter Flächenerhebung eingeschränkt ist.</p>
Referenzen auf andere Indikatoren-systeme	<p>Klimafolgenmonitoring des Bundes: RO-R-5 Siedlungs- und Verkehrsfläche</p> <p>Länderinitiative Kernindikatoren (LIKI): D1 Flächenverbrauch</p> <p>Umweltindikatorensystem Bayern (UISBY): Flächenverbrauch</p> <p>Klimafolgenmonitoring Baden-Württemberg: R-SR-1 Veränderung der Siedlungs- und Verkehrsfläche</p> <p>Klimafolgenmonitoring Thüringen: R-RL-1 Siedlungs- und Verkehrsfläche</p>
In der BayKLAS beschriebene Klimawandel-folgen	<p>Zukünftig wird eine weitere Zunahme der Temperatur erwartet. Infolgedessen ist mit einer Verstärkung des Wärmeinseleffekts, einem häufigeren Auftreten von Inversionswetterlagen und einer Zunahme der Ozonbelastung zu rechnen. Auch mit der Zunahme sommerlicher Hochdrucklagen verstärken sich wärme- und lufthygienische Belastungen im Siedlungsbe-reich. (S. 128)</p> <p>Die bereits beobachtete Zunahme der Häufigkeit und Intensität von Starkniederschlägen führt zu einer Zunahme von Hochwasserereignissen und Überschwemmungen sowie Beeinträch-tigungen durch wild abfließendes Wasser in Siedlungsbereichen (sogenannte urbane Sturzflu-ten), vor allem auf stark versiegelten Flächen. (S. 129)</p>
Ziele, Maßnahmen	<p>Forcierung und fachliche Unterstützung nachhaltiger, klimaschonender, ökologisch verträgli-cher und damit zukunftsorientierter Siedlungskonzepte z. B. Flächenmanagement, kompakte Siedlungseinheiten, rationelle Energienutzung, nachhaltige Flächenkonversion, integrierte Planung, Meidung von Gefährdungsbereichen, Verkehrsberuhigung in Wohngebieten (SE_01)</p> <p>Berücksichtigung des Klimawandels, insbesondere der zu erwartenden Zunahme von Extre-mereignissen, in der Bauleitplanung und bei der Planung (z. B. Berücksichtigung von Kaltluft- und Frischluftschneisen, Bewahrung unversiegelter Flächen zur Reduzierung von Überwär-mung, Entwässerungskonzepte), Gestaltung und Umsetzung der städtebaulichen Erneuerung (SE_04)</p> <p>Umsetzung nachhaltiger Konzepte und Maßnahmen in den Gebieten der städtebaulichen Erneuerung z. B. nachhaltige Verdichtung, Entsiegelung, Freiflächenkonzepte, Berücksichti-gung wechselseitiger Einflüsse der Bebauung auf umgebendes Klima (SE_05)</p> <p>Entwicklung langfristiger Stadt-, Dorferneuerungs- und Gemeindeentwicklungskonzepte sowie Konzepte der Integrierten Ländlichen Entwicklung zur Reduzierung von Schadenswerten in Risikogebieten z. B. Unterstützung von Rückbau, Aufzeigen von Absiedlungspotenzial, ggf. Anbieten von Ersatzflächen und Minimierung der Versiegelung (SE_08)</p> <p>Erhalt und Verbesserung von Kalt- und Frischluftentstehungsgebieten sowie von innerstädti-schen Kalt- und Frischluftleitbahnen zur Verringerung der thermischen und lufthygienischen Belastung im verdichteten Siedlungsraum (GF_02)</p> <p>Erhalt der ökologischen Ausgleichsfunktion unversiegelter Flächen und Reduzierung des Flä-chenverbrauchs, um Flexibilität für Anpassungsmaßnahmen gewährleisten zu können (GF_04)</p> <p>Erhalt zusammenhängender Flächen entlang von Gewässern zum Biotopverbund, zur Hoch-wasservorsorge und zur Sicherung von Wasserressourcen (GF_05)</p> <p>Entwicklung von Konzepten zur Freiraumentwicklung und Integration dieser Konzepte in Bau-</p>

	<p>leitpläne und Konzepte der städtebaulichen Entwicklung (GE_06)</p> <p>Private Frei- und Grünflächen wie Kleingärten und Höfe als wichtige Bestandteile gesamtstädtischer Freiraumsysteme erhalten und weiterentwickeln (GF_11)</p> <p>Umsetzung von multifunktionalen Flächenkonzepten z. B. Nachnutzungen auf Brachflächen oder Nutzung von Parkflächen als Retentionsraum bei Hochwasser (GF_12)</p>
Berichtspflichten	Flächenverbrauchs-Bericht Bayern, Umweltbericht Bayern

#### 4 Technische Informationen

Datenquelle	Indikator	Bayerisches Landesamt für Statistik (LfStat)
	Zusatz	Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Räumliche Auflösung	Indikator	NUTS 1 (Bayern)
	Zusatz	NUTS 3 (Landkreise und kreisfreie Städte)
Geografische Abdeckung	Indikator / Zusatz	Ganz Bayern
Zeitliche Auflösung	Indikator	Ab 2001, jährlich; Auf die Darstellung früherer Jahre wird analog zum Umweltbericht Bayern sowie zum Flächenverbrauchs-Bericht Bayern verzichtet. Vor 2001 erfolgte die Datenerfassung im vierjährigen Turnus
	Zusatz	Veränderung zwischen den Jahren 2000 und 2015
Beschränkungen, Datenkosten	Keine; Die „Versiegelungsstudie“ wird im Kontext der Aufgaben zur Reduzierung des Flächenverbrauchs durchgeführt	
Aufwand	Ca. 2 Stunden für die Datenfortschreibung	

#### 5 Darstellung

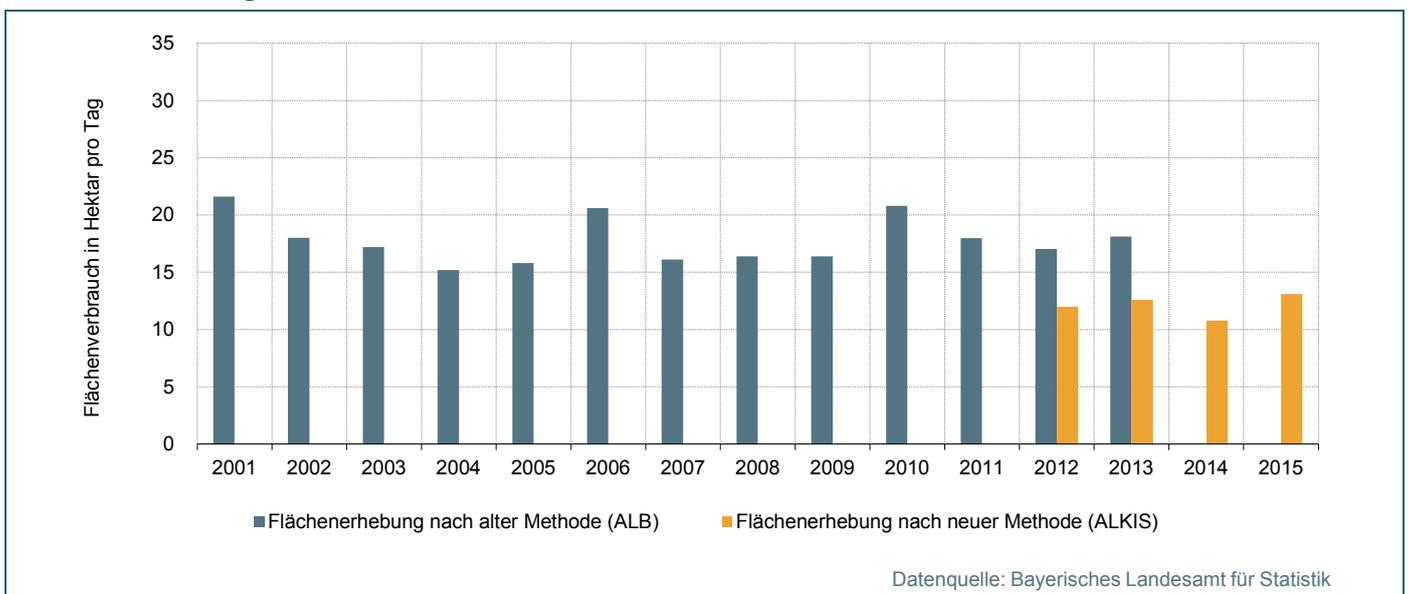


Abb. 1: Indikator – Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche (Flächenverbrauch) in Bayern

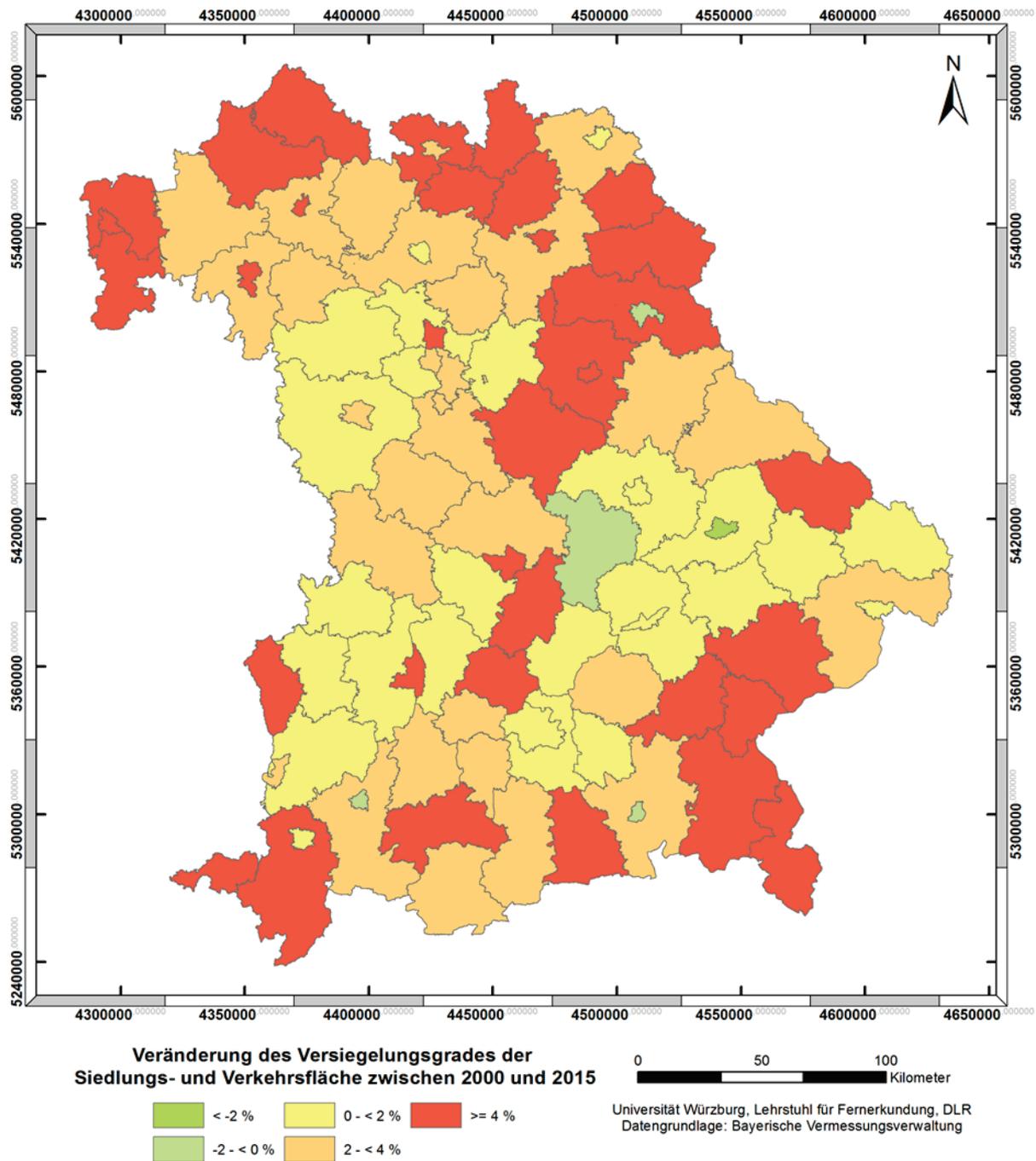


Abb. 2: Zusatz – Veränderung des Versiegelungsgrades der Siedlungs- und Verkehrsflächen auf Ebene der Landkreise und kreisfreien Städte zwischen 2000 und 2015

## 6 Glossar

### Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV)

Zu den Siedlungs- und Verkehrsflächen gehören: Gebäudeflächen und diejenigen Freiflächen, die den Zwecken der Gebäude untergeordnet sind (Gebäude- und Freifläche), die Betriebsflächen, die überwiegend gewerblich oder industriell genutzt werden, abzüglich Abbauflächen (Betriebsfläche ohne Abbaufläche), die Erholungsflächen (etwa Sportplätze), die Friedhofsflächen und Flächen, die dem Straßen-, Schienen- und Luftverkehr dienen (Verkehrsfläche). Die SuV ist nicht gleichzusetzen mit der versiegelten Fläche, da in die SuV auch unbebaute und nicht versiegelte Flächen eingehen. Auch unter den Erholungsflächen kann es versiegelte Flächen geben (z. B. Sportplätze).

## 7 Weiterführende Literatur

- Aktuelle Informationen zum Thema Flächenmanagement des Bayerischen Landesamtes für welt: [www.lfu.bayern.de/umweltkommunal/flaechenmanagement/index.htm](http://www.lfu.bayern.de/umweltkommunal/flaechenmanagement/index.htm)
- Aktuelle Informationen zum Thema Flächensparen in Bayern des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz: [www.stmuv.bayern.de/themen/boden/flaechensparen/index.htm](http://www.stmuv.bayern.de/themen/boden/flaechensparen/index.htm)
- DAS-Indikator Factsheet RO-R-5 Siedlungs- und Verkehrsfläche: [www.umweltbundesamt.de/ro-r-5-das-indikator](http://www.umweltbundesamt.de/ro-r-5-das-indikator)
- Distelkamp M., Großmann A., Hohmann F., Lutz C., Ulrich P., Wolter M. 2009: Panta Rhei Regio – Ein Modellsystem zur Projektion der künftigen Flächeninanspruchnahme in Deutschland und zur Folgenabschätzung fiskalischer Maßnahmen. GWS – Gesellschaft für wirtschaftliche Strukturforchung mbH, gws Discussion Paper 2009 / 7, Osnabrück, 106 S.
- Gunreben M., Dahmann I., Frie B., Hensel R., Penn-Bressel G., Dosch F. 2007: Die Erhebung eines bundesweiten Indikators Bodenversiegelung. In: Bodenschutz 2: 34-38.
- Hoymann J., Dosch F., Beckmann G. 2012: Trends der Siedlungsflächenentwicklung – Status quo und Projektionen 2030. BBSR-Analysen KOMPAKT 09/2012, Bonn, 20 S.
- LfU – Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.) 2016: Umweltbericht Bayern 2015, Augsburg, 100 S.
- LfU – Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.) 2017: Satellitengestützte Erfassung der Bodenversiegelung in Bayern 2015, Augsburg, 71 S.
- Schäfer D., Krack-Roberg E., Hoffmann-Kroll R. 2002: Bodennutzung und wirtschaftliche Aktivitäten - Ein Beitrag zur Ökoeffizienzdiskussion. Kurzfassung von Band 11 der Schriftenreihe Beiträge zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen des Statistischen Bundesamts (Hrsg.), UGR-Online-Publikation, Wiesbaden, 21 S.
- Siedentop S., Junesch R., Straßer M., Zakrzewski P., Walter M., Samaniego L., Weinert J. 2009: Einflussfaktoren der Neuinanspruchnahme von Flächen. BMVBS - Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung & BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Forschungen Heft 139, Bonn, 131 S.
- StBA – Statistisches Bundesamt 2010: Umweltökonomische Gesamtrechnungen - Nachhaltige Entwicklung in Deutschland, Indikatoren der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie zu Umwelt und Ökonomie. Wiesbaden, 21 S.
- StMUV – Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (Hrsg.) 2016: Flächenverbrauchs-Bericht 2016 (Stand 31.12.2015). [www.stmuv.bayern.de/themen/boden/flaechensparen/verbrauchsbericht.htm](http://www.stmuv.bayern.de/themen/boden/flaechensparen/verbrauchsbericht.htm)
- UBA – Umweltbundesamt: Daten zur Umwelt 2017: <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/daten-zur-umwelt-2017>
- Erläuterungen zur Statistik: StBA (Hrsg.) 2008: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei - Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung. Fachserie 3 Reihe 5.1, Wiesbaden, 32 S.



Anlage 2-18 zur Machbarkeitsstudie „Indikatoren für Klimafolgen und Klimaanpassung in Bayern“

Indikatoren-Kennblatt zum Klimafolgenmonitoring

## R-SB-2 Erholungsfläche in Städten

### 1 Basisinformationen

Verfasser	Bosch & Partner GmbH: Stefan v. Andrian-Werburg
Zuständigkeit	Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Letzte Aktualisierung	15.08.2017
Nächste Fortschreibung	Der Indikator zeigt einen Datensprung zwischen den Jahren 2010 und 2011. Dieser ist auf die Umstellung der Datenbasis der Flächennutzungsstatistik zurückzuführen (s. u. Abschnitt Schwächen). Um diesen Datensprung auszublenden, kann der Indikator nach einer Übergangszeit zukünftig ggf. nur noch den Zeitraum ab 2011 darstellen. Gemäß dem LIKI-Indikator „Erholungsflächen“ wäre denkbar zukünftig den einwohnerbezogenen Anteil der Erholungsflächen zusätzlich zu betrachten.

### 2 Einordnung und Berechnung

Handlungsfeld	Städtebau (Bauleitplanung)	
Kategorie	Response	
Indikationsfeld	Steuerung der Flächennutzung (BayKLAS-Themen: Städtebauliche Entwicklung SE, Grün- und Freiflächen GF)	
Thematischer Teilaspekt	Verbesserung der bioklimatischen Bedingungen	
Kurzbeschreibung des Indikators (Einheit)	Teil A	Anteil der Erholungs- und Friedhofsfläche an der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Städten (Prozent, %)
	Teil B	Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Bodenfläche in Städten (Prozent, %)
Berechnungsvorschrift	Teil A	<p><u>Schritt 1:</u> Berechnung des Anteils der Erholungs- und Friedhofsfläche an der Siedlungs- und Verkehrsfläche für die berücksichtigten Städte:</p> $\text{Anteil der Erholungs- und Friedhofsfläche an der Siedlungs- und Verkehrsfläche}_{\text{Stadt}} = (\text{Erholungsfläche}_{\text{Stadt}} + \text{Friedhofsfläche}_{\text{Stadt}}) / \text{Siedlungs- und Verkehrsfläche}_{\text{Stadt}} * 100$ <p><u>Schritt 2:</u> Berechnung des Mittelwerts des Anteils der Erholungs- und Friedhofsfläche an der Siedlungs- und Verkehrsfläche über alle berücksichtigten Städte:</p> $\text{Anteil der Erholungs- und Friedhofsfläche an der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Städten} = \text{Summe (Anteil der Erholungs- und Friedhofsfläche an der Siedlungs- und Verkehrsfläche}_{\text{Städte Amberg bis Würzburg}}) / 25$

		<p><u>Für die Berechnung werden die kreisfreien Städte Bayerns berücksichtigt:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Amberg (Krfr.St)</li> <li>• Ansbach (Krfr.St)</li> <li>• Aschaffenburg (Krfr.St)</li> <li>• Augsburg (Krfr.St)</li> <li>• Bamberg (Krfr.St)</li> <li>• Bayreuth (Krfr.St)</li> <li>• Coburg (Krfr.St)</li> <li>• Erlangen (Krfr.St)</li> <li>• Fürth (Krfr.St)</li> <li>• Hof (Krfr.St)</li> <li>• Ingolstadt (Krfr.St)</li> <li>• Kaufbeuren (Krfr.St)</li> <li>• Kempten (Allgäu) (Krfr.St)</li> <li>• Landshut (Krfr.St)</li> <li>• Memmingen (Krfr.St)</li> <li>• München, Landeshauptstadt</li> <li>• Nürnberg (Krfr.St)</li> <li>• Passau (Krfr.St)</li> <li>• Regensburg (Krfr.St)</li> <li>• Rosenheim (Krfr.St)</li> <li>• Schwabach (Krfr.St)</li> <li>• Schweinfurt (Krfr.St)</li> <li>• Straubing (Krfr.St)</li> <li>• Weiden i.d.OPf. (Krfr.St)</li> <li>• Würzburg (Krfr.St)</li> </ul>
	Teil B	<p><u>Schritt 1:</u> Berechnung des Anteils der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Bodenfläche für die berücksichtigten Städte</p> <p>Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Bodenfläche <math>_{Stadt} = \frac{\text{Siedlungs- und Verkehrsfläche}_{Stadt}}{\text{Bodenfläche}_{Stadt}} * 100</math></p> <p>für alle oben genannten Städte</p> <p><u>Schritt 2:</u> Berechnung des Mittelwerts des Anteils der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Bodenfläche über alle berücksichtigten Städte</p> <p>Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Bodenfläche = <math>\frac{\text{Summe (Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Bodenfläche}_{Städte \text{ Amberg bis Würzburg})}}{25}</math></p>
Verständnis des Indikatorwerts	Teil A	Je höher der Indikatorwert, desto höher ist der mittlere Anteil der Erholungsfläche an der Siedlungs- und Verkehrsfläche in den berücksichtigten Städten.
	Teil B	Je höher der Indikatorwert, desto höher ist der mittlere Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Bodenfläche in den berücksichtigten Städten.

### 3 Begründung und Interpretation

Begründung	Als Auswirkungen des globalen Klimawandels werden für Mitteleuropa u. a. ein Anstieg der durchschnittlichen Temperaturen und eine Änderung der Wettercharakteristik erwartet. Letztere wird sich u. a. in einer Zunahme austauscharmer Wetterlagen, thermischer Extremwerte sowie der Häufigkeit, Dauer und Intensität städtischer Wärmeinselereignisse äußern. Damit kann eine Zunahme von thermischen Belastungen für die Bevölkerung einhergehen, die u. a.
------------	--

	<p>gesundheitliche Schäden nach sich ziehen können. Besonders anfällig gegenüber thermischer Belastung zeigen sich alte und pflegebedürftige Menschen, Menschen mit Vorerkrankungen und Kleinkinder. Um nicht zu stark aufzuheizen, müssen sich im Körper Wärmege- winn (v. a. durch Stoffwechsel, Muskelaktivität) und Wärmeabgabe die Waage halten. Dies geschieht durch ein körpereigenes Thermoregulationssystem. Ist die Wärmeabgabe jedoch behindert, droht Überhitzung, und die Thermoregulation muss verstärkt wirksam werden. Dies ist hauptsächlich bei sommerlichen, gering bewölkten Hochdruckwetterlagen mit hohen Temperaturen, hoher Luftfeuchte und schwachem Wind der Fall. Die Umgebung wird dann als belastend empfunden (Wärmebelastung). Im Zuge des Klimawandels wird die Wärmebelastung vor allem in den bioklimatischen Belastungsgebieten weiter ansteigen. (vgl. DAS-Indikator-Factsheet BAU-R-1)</p> <p>Die bioklimatische Belastung wird sowohl von anthropogenen Faktoren (Versiegelungsgrad etc.) als auch von natürlichen klimatischen Faktoren bestimmt. Deutlich erhöhte Durchschnittstemperaturen im Vergleich zum umgebenden Umland werden oft in Städten mit einer hohen Siedlungsdichte und einem hohen Versiegelungsgrad gemessen (StMUV 2016). In Abhängigkeit von den natürlichen bioklimatischen Bedingungen (geografische Lage, Höhenlage etc.) kann es im Sommer in diesen Bereichen zu einer verstärkten Wärmebelastung kommen (bioklimatische Belastungsgebiete). Aber auch in Gemeinden, die nicht so stark verdichtet sind wie die großen Städte, kann es im Zusammenspiel mit ihren natürlichen bioklimatischen Bedingungen zu starken Wärmebelastungen kommen.</p> <p>Eine geeignete Stadt- und Landschaftsplanung kann dazu beitragen, durch (extensive) Grünanlagen, Frischluftschneisen und -korridore einer klimawandelbedingten Verstärkung bestehender Stadtklimaeffekte mit Folgen u. a. für die Gesundheit der Stadtbevölkerung entgegenzuwirken. Wichtige Funktionen für das lokale Kleinklima können dabei überwiegend grüne, wenig versiegelte Flächen übernehmen, die zu einer Verbesserung des Siedlungsklimas beitragen können. Mit der Festlegung solch klimatisch wirksamer Freiflächen sowie einer ausreichenden Versorgung mit Erholungsräumen sollen die durch zunehmende Hitzewellen hervorgerufenen Auswirkungen in Siedlungsbereichen (bioklimatische Belastungsgebiete) vermindert werden. (vgl. DAS-Indikator-Factsheet BAU-R-1)</p> <p>Um diese Flächen und deren Veränderung auf der Grundlage von Daten der amtlichen Statistik betrachten zu können, bezieht sich der Indikator auf Flächenkategorien, die bei der Erarbeitung des Nachhaltigkeitsbarometers Fläche als erholungsgerechte Flächen eingestuft wurden. Als solche werden derzeit Erholungsflächen (bestehend aus Sportflächen, Grünanlagen und Campingplätzen) und Friedhofsflächen in der Statistik erfasst (SIEDENTOP et al. 2007). Hierzu können demnach auch versiegelte Flächen zählen. Die Erhebung dieser Daten erfolgt jährlich durch die Statistischen Landesämter, die Daten können für den Indikator ohne weitere Bearbeitung direkt verwendet werden.</p> <p>Auf dieser Grundlage stellt der Indikator zusammenfassend den Erfolg der Stadt- und Landschaftsplanung hinsichtlich ihrer Bemühungen um eine bessere Durchgrünung in den kreisfreien Städten Bayerns anhand der Entwicklung der statistisch erfassten grünen Siedlungsflächen, d. h. der Erholungs- und Friedhofsflächen, dar. Der Indikator stellt den Anteil der Erholungs- und Friedhofsfläche an der Siedlungs- und Verkehrsfläche sowie den Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Bodenfläche der jeweiligen kreisfreien Stadt dar. Damit wird die Größenordnung der grünen Siedlungsstrukturen quantifiziert und die Bebauungsdichte der kreisfreien Städte als Vergleichsgröße dargestellt.</p> <p>Der Fokus wird auf die kreisfreien Städte gelegt, in denen aufgrund ihrer Größe und Siedlungsdichte das Risiko einer Wärmebelastung in der Regel höher ist als in anderen Gebieten. Der Indikator zielt dadurch insbesondere auf die potenziell stärker von einer Wärmebelastung betroffenen Siedlungsstrukturen ab, in denen die Stadt- und Landschaftsplanung in besonderer Weise auf eine ausreichende Durchgrünung hinwirken sollte.</p>
Schwächen	<p>Als erholungsgerechte Flächen werden gemäß des Nachhaltigkeitsbarometers Fläche (SIEDENTOP et al. 2007) derzeit ausschließlich Erholungs- und Friedhofsflächen erfasst. Der Indikator berücksichtigt demgemäß ausschließlich in der Flächennutzungsstatistik erfasste Flächentypen. Grünelemente und -strukturen, wie z. B. der Baumbestand alter Alleen, begrünte oder baumbestandene städtische Plätze, Hausgärten und den Gebäuden statistisch zugeordnetes Grün etc., die ebenfalls siedlungsklimatisch wirksam sind, werden dagegen nicht er-</p>

	<p>fasst. Des Weiteren erfasst der Indikator die räumliche Verteilung der Erholungsflächen innerhalb der Siedlungen nicht; es kann also nicht berücksichtigt werden, ob der Siedlungsraum insgesamt oder aber nur einzelne Teilbereiche von den grünen Flächen profitiert. Zudem können Erholungsflächen auch in Randbereichen der Kernstädte liegen und dadurch eine geringere Wirksamkeit für das Stadtklima haben. (vgl. DAS-Indikator-Factsheet BAU-R-1)</p> <p>Grundsätzlich steht der Indikator im Spannungsfeld der Zielkonflikte von Nachverdichtung einerseits und Frischluftversorgung im Sinne der Entdichtung andererseits. Planerische Entscheidungen vor Ort sind jeweils im Abwägungsprozess vor dem Hintergrund der regionalen bzw. lokalen Bedingungen zu treffen. (vgl. DAS-Indikator-Factsheet BAU-R-1)</p> <p>Des Weiteren ist zu beachten, dass sich die Datenquelle der Flächenerhebung geändert hat. Das bisher verwendete Automatisierte Liegenschaftsbuch (ALB) wurde als Datenquelle durch das Amtliche Liegenschaftskataster-Informationssystem (ALKIS) der Bayerischen Vermessungsverwaltung abgelöst. Im Rahmen der ALKIS-Umstellung wurde in Bayern der gesamte Flächendatenbestand komplett neu erfasst. Während beim ALB die Flurstücke mit teils veralteten Nutzungsartenzuordnungen die Datengrundlage bildeten, basiert ALKIS auf digital ermittelten geometrischen Flächen, bei denen überwiegend Luftaufnahmen genutzt wurden. Zudem wurde bei der ALKIS-Umstellung nicht nur der Datenbestand aktualisiert, sondern bundesweit auch die Nutzungsartenzuordnung teilweise geändert. Im Ergebnis hat sich die Flächengröße der einzelnen Nutzungsarten z. T. deutlich verschoben, sodass die Vergleichbarkeit ALKIS-basierter Flächenerhebung mit der ALB-basierter Flächenerhebung stark eingeschränkt ist.</p> <p>Ergebnisse der ALKIS-basierter Flächenerhebung liegen seit dem Jahr 2011 vor. Für einen Übergangszeitraum von 2011 bis 2013 bietet das Bayerische Landesamt für Statistik die Ergebnisse der Flächenerhebungen für beide Datengrundlagen parallel an. Seit 2014 liegen den Ergebnissen der Flächenerhebung ausschließlich die Daten aus ALKIS zugrunde. Für die Darstellung des Indikators wurde auf eine über das Statistische Bundesamt bereitgestellte Datenbank auf die Daten zugegriffen. Diese verwendet ab 2011 die auf ALKIS basierenden Daten. Der Datensprung zwischen 2010 und 2011 erklärt sich aus diesem Umstand.</p>
Referenzen auf andere Indikatoren-systeme	<p>Klimafolgenmonitoring des Bundes: BAU-R-1 Erholungsflächen (Proxy)</p> <p>Klimafolgenmonitoring Baden-Württemberg: R-SR-2 Anteil der Erholungs- und Friedhofsfläche an der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Großstädten</p>
In der BayKLAS beschriebene Klimawandel-folgen	<p>Zukünftig wird eine weitere Zunahme der Temperatur erwartet. Infolgedessen ist mit einer Verstärkung des Wärmeinseleffekts, einem häufigeren Auftreten von Inversionswetterlagen und einer Zunahme der Ozonbelastung zu rechnen. Auch mit der Zunahme sommerlicher Hochdrucklagen verstärken sich wärme- und lufthygienische Belastungen im Siedlungsbe-reich. (S. 128)</p>
Ziele, Maßnahmen	<p>Berücksichtigung des Klimawandels, insbesondere der zu erwartenden Zunahme von Extremereignissen, in der Bauleitplanung und bei der Planung (z. B. Berücksichtigung von Kaltluft- und Frischluftschneisen, Bewahrung unversiegelter Flächen zur Reduzierung von Überwärmung, Entwässerungskonzepte), Gestaltung und Umsetzung der städtebaulichen Erneuerung (SE_04)</p> <p>Umsetzung nachhaltiger Konzepte und Maßnahmen in den Gebieten der städtebaulichen Erneuerung z. B. nachhaltige Verdichtung, Entsiegelung, Freiflächenkonzepte, Berücksichtigung wechselseitiger Einflüsse der Bebauung auf umgebendes Klima (SE_05)</p> <p>Neuanlage, Erhalt und Entwicklung von Grün- und Wasserflächen im Innen- und Außenbereich von Siedlungsflächen zur Verbesserung der thermischen und lufthygienischen Belastungssituation (GF_01)</p> <p>Erhalt und Verbesserung von Kalt- und Frischluftentstehungsgebieten sowie von innerstädtischen Kalt- und Frischluftleitbahnen zur Verringerung der thermischen und lufthygienischen Belastung im verdichteten Siedlungsraum (GF_02)</p> <p>Berücksichtigung des Einflusses der Bebauung sowie der klimarelevanten Funktionen von Natur und Freiräumen auf die Frisch- und Kaltluftversorgung in Siedlungsgebieten (z. B. Straßenbegleitbäume, Wald-, Gewässerflächen) (GF_03)</p>

Berichtspflichten	Derzeit keine
-------------------	---------------

## 4 Technische Informationen

Datenquelle	Teile A, B	Statistische Ämter des Bundes und der Länder: Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung
Räumliche Auflösung	Teile A, B	NUTS 1
Geografische Abdeckung	Teile A, B	Ganz Bayern
Zeitliche Auflösung	Teile A, B	Von 1996 bis 2008 vierjährlich, danach jährlich
Beschränkungen, Datenkosten	Keine	
Aufwand	Ca. 2 Stunden für die Datenfortschreibung	

## 5 Darstellung

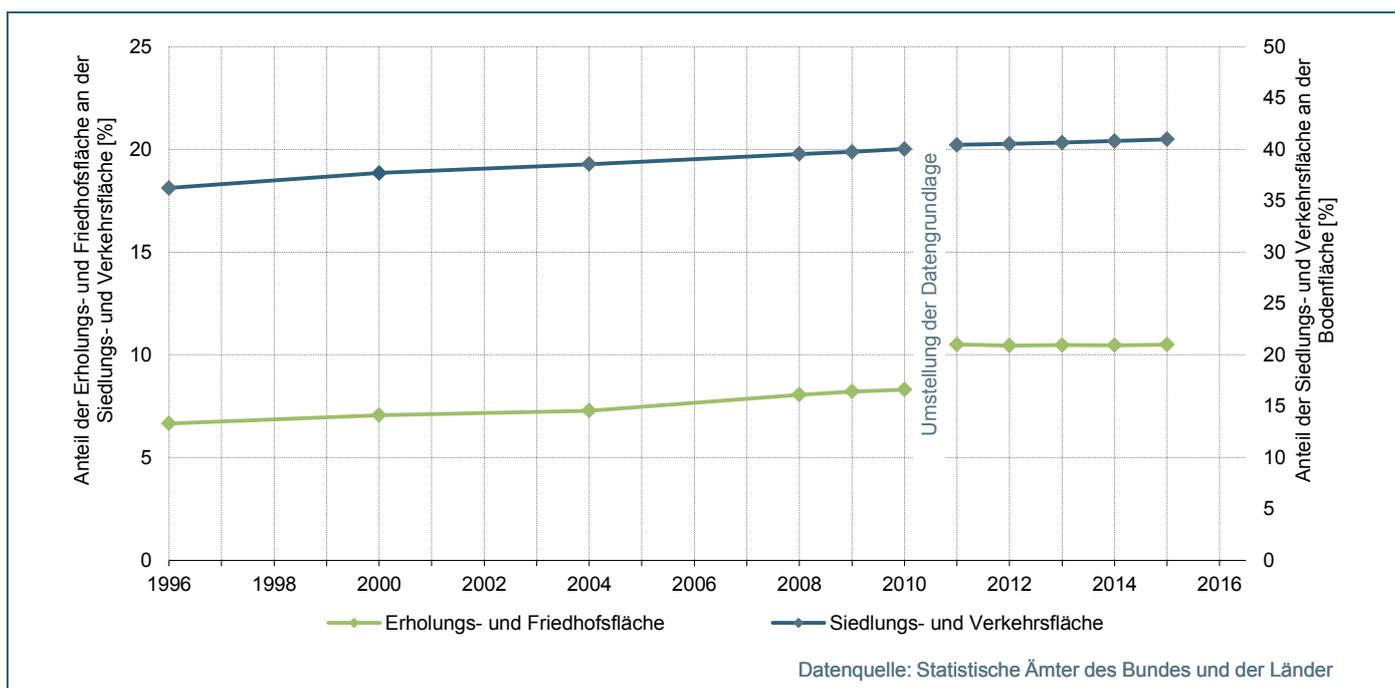


Abb. 1: Anteil der Erholungs- und Friedhofflächen in den betrachteten Städten

## 6 Glossar

### Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV)

Zu den Siedlungs- und Verkehrsflächen gehören: Gebäudeflächen und diejenigen Freiflächen, die den Zwecken der Gebäude untergeordnet sind (Gebäude- und Freifläche), die Betriebsflächen, die überwiegend gewerblich oder industriell genutzt werden, abzüglich Abbauflächen (Betriebsfläche ohne Abbaufläche), die Erholungsflächen (etwa Sportplätze), die Friedhofsflächen und Flächen, die dem Straßen-, Schienen- und Luftverkehr dienen (Verkehrsfläche). Die SuV ist nicht gleichzusetzen mit der versiegelten Fläche, da in die SuV auch unbebaute und nicht versiegelte Flächen eingehen. Auch unter den Erholungsflächen kann es versiegelte Flächen geben (z. B. Sportplätze).

## 7 Weiterführende Literatur

- DAS-Indikator Factsheet BAU-R-1 Erholungsflächen:  
[www.umweltbundesamt.de/bau-r-1-das-indikator](http://www.umweltbundesamt.de/bau-r-1-das-indikator)
- LIKI – Länderinitiative Kernindikatoren: Indikator C4 – Erholungsflächen. [www.lanuv.nrw.de/liki-newsletter/index.php?indikator=22&aufzu=0&mode=indi](http://www.lanuv.nrw.de/liki-newsletter/index.php?indikator=22&aufzu=0&mode=indi)
- PIK – Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung 2009: Klimawandel in Nordrhein-Westfalen. Regionale Abschätzung der Anfälligkeit ausgewählter Sektoren. Abschlussbericht, April 2009.
- Siedentop S., Heiland S., Lehmann I., Schauerte-Lüke N. 2007: Nachhaltigkeitsbarometer Fläche. Regionale Schlüsselindikatoren nachhaltiger Flächennutzung für die Fortschrittsberichte der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie - Flächenziele. Reihe "Forschungen", Band 130. Bonn: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung.
- StMUV – Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (Hrsg.) 2016: Bayerische Klima-Anpassungsstrategie. München, 218 S.



Indikatoren-Kennblatt zum Klimafolgenmonitoring

## R-BA-1 Fördermittel für klimawandelangepasstes Bauen und Saniieren

### 1 Basisinformationen

Verfasser	Bosch & Partner GmbH: Stefan v. Andrian-Werburg
Zuständigkeit	Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Letzte Aktualisierung	06.03.2017
Nächste Fortschreibung	<p>Der Indikator bezieht sich auf die Förderung von Anpassungsmaßnahmen am privaten bzw. privatwirtschaftlichen Gebäudebestand. Als Datengrundlage werden Daten der KfW zu verschiedenen Förderprogrammen im Förderschwerpunkt Wohnen verwendet. Für eine Weiterentwicklung des Indikators wäre zu prüfen, ob es in Bayern landesspezifische Förderprogramme gibt, die auch positiv im Sinne von Klimaanpassung wirken. Gegebenenfalls wäre in einem zweiten Schritt zu prüfen, ob diese Programme zukünftig für die Berechnung des Indikators berücksichtigt werden können.</p> <p>In jedem Fall gibt es in Bayern Förderprogramme, mit denen Energieeinsparung und -effizienz in Unternehmen und Kommunen gefördert werden. Für die Handlungsfelder „Industrie und Gewerbe“ bzw. „Städtebau/Bauleitplanung“ könnte geprüft werden, ob sich daraus ein Indikationsansatz ergeben kann.</p>

### 2 Einordnung und Berechnung

Handlungsfeld	Bauwesen (Gebäudeplanung und Bautechnik)
Kategorie	Response
Indikationsfeld	Anpassungen der Bautechnik Angepasste Verwendung von Baumaterialien (BayKLAS-Thema: Gebäudeplanung und Bautechnik)
Thematischer Teilaspekt	Passive Vermeidung des sommerlichen Aufheizens von Gebäuden Vermeidung des Aufheizens von Gebäuden
Kurzbeschreibung des Indikators (Einheit)	Darlehenszusagen und Zuschüsse in relevanten Programmen des Förderschwerpunkts Wohnen der KfW für Bauvorhaben in Bayern (Euro)
Berechnungsvorschrift	<p>Direkte Übernahme der bayernspezifischen Daten aus dem KfW-Förderbericht</p> <p>Die Zuschnitte der Förderschwerpunkte ändern sich mitunter von Jahr zu Jahr, sodass jährlich eine Einordnung der Förderprogramme nach ihren Inhalten vollzogen werden muss, um die für den Indikator relevanten Programme auszuwählen. Die Programme sind dann als relevant einzustufen, wenn wenigstens zwei Drittel (66,7 %) der Fördermittel für anpassungsrelevante Maßnahmen vergeben werden. Diese Prüfung kann aufgrund der Datenlage nicht bayernspezifisch erfolgen und wird daher anhand der auf Bundesebene zugesagten Darlehen und Zuschüsse vorgenommen.</p>

Verständnis des Indikatorwerts	Je höher der Indikatorwert, desto mehr Darlehenszusagen und Zuschüsse zur Förderung von klimawandelangepassten Baumaßnahmen wurden gewährt.
--------------------------------	---

### 3 Begründung und Interpretation

Begründung	<p>Eine spezifische finanzielle Förderung von Baumaßnahmen zur Anpassung von Gebäuden an Klimawandelfolgen erfolgt in Deutschland bislang kaum, weder auf Bundes- noch auf Landesebene. Allerdings werden durch Förderprogramme sowohl von Bundes- als auch von Landesstellen Baumaßnahmen gefördert, die sekundär auch für die Anpassung wirksam sind. In diesem Zusammenhang sind vor allem Maßnahmen zur Förderung der energetischen Optimierung von Gebäuden bzw. des energieeffizienten Neubaus anzuführen. Solche Maßnahmen können z. B. die Erneuerung von Fenstern und die Dämmung von Außenwänden jeweils inklusive Sonnenschutz, die Dämmung von Dächern, der Einbau und die Erneuerung von Lüftungsanlagen oder die Errichtung oder Sanierung von Gebäuden nach unterschiedlichen KfW-Standards sein. Neben der Minderung von Treibhausgasemissionen können solche Maßnahmen Synergieeffekte für die Klimaanpassung mit sich bringen, z. B. indem sie in Hitzeperioden ein angenehmes Raumklima gewährleisten bzw. generell die sommerliche Erwärmung von Gebäuden in ihrem Innern reduzieren (Bundesregierung 2008).</p> <p>Die Höhe der jährlich bereitstehenden Summe für die Förderung der Energieeffizienz von Gebäuden bietet daher ein Indiz für den Umfang der staatlichen Unterstützung von Maßnahmen im Bereich des Bauwesens, die die Anpassung zumindest unterstützen. Eine wesentliche Säule der finanziellen Förderung solcher Maßnahmen in Deutschland sind die Förderprogramme der KfW, die sich in den Förderschwerpunkten Umwelt, Wohnen und Infrastruktur an Unternehmen, private Bauherren bzw. Kommunen richten. Neben dem Bund fördert auch der Freistaat Bayern in unterschiedlichen Programmen die Energieeffizienz und Energieeinsparung in Unternehmen und Kommunen, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energieeffizienz und Erneuerbare Energien in Unternehmen,</li> <li>• Förderung innovativer Energietechnologien und der Energieeffizienz (BayINVENT),</li> <li>• Energiekonzepte und Energienutzungspläne,</li> <li>• Energiekredit Kommunal Bayern,</li> <li>• Kommunalinvestitionsprogramm KIP.</li> </ul> <p>Spezifische Landesprogramme zur Förderung des energetischen Bauens und Sanierens für den Bereich des privaten Wohnungsbaus sind nicht bekannt.</p> <p>Um die Verbreitung von Anpassungsmaßnahmen im Gebäudebestand bzw. die entsprechende öffentliche Unterstützung hierfür abzubilden, stellt der Indikator dar, in welchem Umfang die oben genannten Maßnahmen im Rahmen von privaten Bau- und Sanierungsmaßnahmen durch die öffentliche Hand gefördert werden. Dieser Bereich wird derzeit vor allem durch die KfW-Förderung im Förderschwerpunkt Wohnen unterstützt. Als Grundlage für den Indikator werden daher die Zusagen für Darlehen und Zuschüsse aus KfW-Förderprogrammen des Schwerpunkts Wohnen herangezogen.</p> <p>Der Indikator nimmt dabei aufgrund der Datenlage die verschiedenen Programme im Förderschwerpunkt Wohnen insgesamt in den Blick. Diese Bezugnahme auf die Programmebene ist erforderlich, da auf Landesebene keine Informationen zu Förderzusagen bezogen auf einzelne Maßnahmen zur Verfügung stehen. Hierdurch könnte im Übrigen auch nur sehr bedingt eine höhere Aussageschärfe erreicht werden, da einige Förderprogramme den Bau bzw. die Sanierung von Gebäuden in einem bestimmten Baustandard insgesamt fördern und damit auch z. B. die Förderung von energieeffizienten Heizungen u. ä. umfassen. Eine über die Darstellung der Zusagen für Darlehen bzw. Zuschüsse hinausgehende zusätzliche Darstellung der tatsächlich ausgelösten Investitionen (vgl. DAS-Indikator BAU-R-3) kann für die Landesebene nicht erfolgen, da eine entsprechende Datenaufbereitung durch die KfW nicht erfolgt.</p> <p>Der Förderschwerpunkt Wohnen umfasst die folgenden Programme:</p>
------------	--

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energieeffizient Bauen,</li> <li>• Energieeffizient Sanieren (Effizienzhaus; Einzelmaßnahmen; Ergänzungskredit; Zuschuss),</li> <li>• KfW-Wohneigentumsprogramm,</li> <li>• Altersgerecht Umbauen (Kredit; Zuschuss),</li> <li>• Förderrefi LFI.</li> </ul> <p>Nicht alle dieser Programme umfassen in relevantem Umfang Maßnahmen, die zumindest sekundär für die Anpassung relevant sind. Für die Auswahl der zu berücksichtigenden KfW-Programme wird eine Prüfung hinsichtlich der Anpassungsrelevanz vorgenommen, d. h. es werden solche Programme in die Indikatorberechnung einbezogen, deren Förderzusagen zu mehr als zwei Dritteln in anpassungsrelevante Maßnahmen fließen. Als anpassungsrelevant werden dabei alle Maßnahmen betrachtet, die explizit zur Verbesserung des sommerlichen Wärmeschutzes ergriffen werden, oder die hierzu indirekt beitragen, z. B. Maßnahmen zur Dämmung, Isolierung, zum Sonnenschutz oder zum Schutz vor Aufheizen, oder mit denen sich Raumklima und Frischluftzufuhr regeln und steuern lassen.</p> <p>Die Statistik der KfW wird objektbezogen aufgestellt. Das bedeutet, die Zuordnung von Zahl und Wert einer Maßnahme richtet sich nach dem Standort des jeweiligen Bauvorhabens und nicht z. B. nach dem Wohnort des jeweiligen Antragstellers. Für den Indikator werden die Daten aus der Tabelle „Neuzusagen Bundesländer auf Programmebene – Bayern“ verwendet. Diese spiegeln also die Förderung von Bauvorhaben in Bayern wider.</p> <p>Für die Jahre 2006 bis 2016 wurden die KfW-Programme „Energieeffizient Bauen“, „Energieeffizient Sanieren – Effizienzhaus“, „Energieeffizient Sanieren – Einzel“ und „Energieeffizient Sanieren – Zuschuss“ aus dem Förderschwerpunkt Wohnen für die Berechnung des Indikators ausgewählt, wobei letzteres in den Jahren 2010 und 2013 bis 2016 aufgrund des geringeren Anteils einer Förderung anpassungsrelevanter Maßnahmen nicht berücksichtigt wurde. Im Jahr 2016 konnte zudem das Programm „Energieeffizient Sanieren – Einzelmaßnahmen“ aufgrund zu geringer anpassungsrelevanter Maßnahmen nicht berücksichtigt werden. Die weiteren Programme aus dem Förderschwerpunkt Wohnen, die z. B. das altersgerechte Wohnen oder Wohneigentum insgesamt fördern, enthalten keine oder zu wenige anpassungsrelevante Maßnahmen und werden daher nicht berücksichtigt.</p>
Schwächen	<p>Der Indikator bezieht sich ausschließlich auf Maßnahmen, die direkt bzw. im überwiegenden Fall indirekt dem sommerlichen Wärmeschutz dienen. Andere Maßnahmen, die den Gebäudebestand gegenüber anderen wetter- und witterungsbezogenen Schäden bautechnisch anpassen können, z. B. Maßnahmen zum Schutz vor Wasserschäden (Rückstauklappen) oder zum Schutz vor Sturm- und Hagelschäden, werden nicht erfasst, da hierzu keine entsprechenden Förderungen aus den KfW-Programmen erfolgen.</p> <p>Da sich die Zuschnitte der Förderprogramme, ihre finanzielle Ausstattung und die geförderten Maßnahmen von Jahr zu Jahr verändern, ist für die Erstellung des Indikators eine aufwändige inhaltliche Prüfung der Förderkriterien einzelner Programme notwendig, um diese hinsichtlich ihrer Anpassungsrelevanz einschätzen zu können.</p> <p>Der Indikator bezieht sich auf die auf Programmebene erfolgten Zusagen für Darlehen und Zuschüsse. Hier kann es zu einer inhaltlichen Unschärfe kommen, da innerhalb der Programme teilweise auch nicht anpassungsrelevante Maßnahmen gefördert werden, die dann aber in den Indikator einfließen. Unschärfen ergeben sich zudem durch den Umstand, dass einige Förderprogramme den Bau bzw. die Sanierung von Gebäuden in einem bestimmten Baustandard insgesamt fördern und damit auch z. B. die Förderung von energieeffizienten Heizungen u. ä. umfassen.</p> <p>In der Tabelle „Zusagen im Förderschwerpunkt Wohnen nach Verwendungszwecken“ der KfW-Förderreports können Maßnahmen ggf. mehrfach gezählt werden, wenn in einem Antrag eine Förderung für mehrere Maßnahmen beantragt wurde (z. B. „Erneuerung von Außentüren gemäß Programm-Merkblatt“ und „Erneuerung/Austausch von Fenstern gemäß Programm-Merkblatt“). In der genannten Tabelle wird jeweils der Gesamtwert des Antrags allen beantragten Maßnahmen zugerechnet. Dadurch kann im ersten Schritt der Indikatorbildung die</p>

	<p>Auswahl der zu berücksichtigenden Programme verzerrt werden, die auf dem Wert der Darlehenszusagen beruht. In der Tabelle „Neuzusagen Bundesländer auf Programmebene – Bayern“ erfolgt hingegen keine Mehrfachzählung. Bei der Addition der Darlehenszusagen und Zuschüsse der ausgewählten Programme für den Indikator fließen demnach keine Mehrfachzählungen ein.</p> <p>Die Interpretation des Indikators kann auch dadurch erschwert sein, dass nicht alle zugesagten Mittel tatsächlich abgerufen werden. Das Investitionsvolumen gilt gegenüber dem Zusagevolumen daher als die grundsätzlich verlässlichere Größe. Diese ist auf Landesebene allerdings nicht verfügbar.</p>
Referenzen auf andere Indikatoren-systeme	Klimafolgenmonitoring des Bundes: BAU-R-3 Fördermittel für klimawandelangepasstes Bauen und Sanieren
In der BayKLAS beschriebene Klimawandel-folgen	<p>Erhöhter Wärmeeintrag durch höhere Temperaturen im Sommer beeinträchtigt das Innenraumklima von Gebäuden. Dies gilt besonders für Gebäude, die aufgrund ihrer baukonstruktiven Ausgangsbedingungen, unzureichender Sanierung oder nachträglicher Nutzung der Dachgeschosse oder unzureichender Klimatisierung der Aufenthaltsräume, hohe Innenraumtemperaturen aufweisen. (S. 138)</p> <p>Mit einer Zunahme der Intensität und Häufigkeit von Wetterextremereignissen nehmen die Gefahr von Schäden an Gebäuden sowie Komfortprobleme in Gebäuden zu. (S. 138)</p> <p>So können erhöhte Wind- und Schneelasten, Stürme, Hagel oder Blitze die Standsicherheit, Dachstabilität oder die Gebäudehülle beeinträchtigen. (S. 138)</p> <p>Rückstauendes Grundwasser kann zu Schäden an und in unterirdischen Gebäudeteilen wie Kellern oder Parkhäusern führen, vor allem da, wo Gebäude in Senken gebaut wurden → Finanzwirtschaft. (S. 138)</p>
Zielbezüge, Maßnahmen	<p>Anpassung der kommunalen Infrastruktur und Gebäude in Risikogebieten an Naturgefahren durch bauphysikalische und energietechnische Festlegungen hinsichtlich Gebäudeausstattung und -ausrichtung (GB_01)</p> <p>Anpassen bestehender Gebäude und Auflagen für Neubauten hinsichtlich möglicher zukünftiger Extremereignisse v. a. bei Bauten in Hanglagen, in Erdfallgebieten, in Gebieten mit quelfähigen Böden, unter Grundwasser- und Hochwassereinfluss sowie in ehemaligen Bergbau- und Tagebaugebieten (GB_02)</p> <p>Planung und Realisierung ressourcenschonender, hoch energieeffizienter Gebäude wie z. B. Passivhäuser, Plusenergiehäuser (GB_03)</p> <p>Sommerlicher Wärmeschutz unter Berücksichtigung des Energiebedarfs durch Dämmung, Sonnenschutz, Nutzung passiver oder erneuerbarer Energien oder Abwärme betriebener Kühlmöglichkeiten, ggf. Einsatz solarer Kühlung (GB_04)</p> <p>Dach- und Fassadenbegrünung zur Verringerung des Wärmeeintrags in den Stadtkörper, zur Regenwasserspeicherung und zur Reduzierung von Abflussspitzen (GB_09)</p>
Berichtspflichten	Derzeit keine

#### 4 Technische Informationen

Datenquelle	KfW: jährliche Förderreports der KfW Bankengruppe
Räumliche Auflösung	NUTS 1
Geografische Abdeckung	Ganz Bayern
Zeitliche Auflösung	Ab 2006, jährlich

Beschränkungen, Datenkosten	Keine
Aufwand	Ca. 6 Stunden für die Datenfortschreibung

## 5 Darstellung

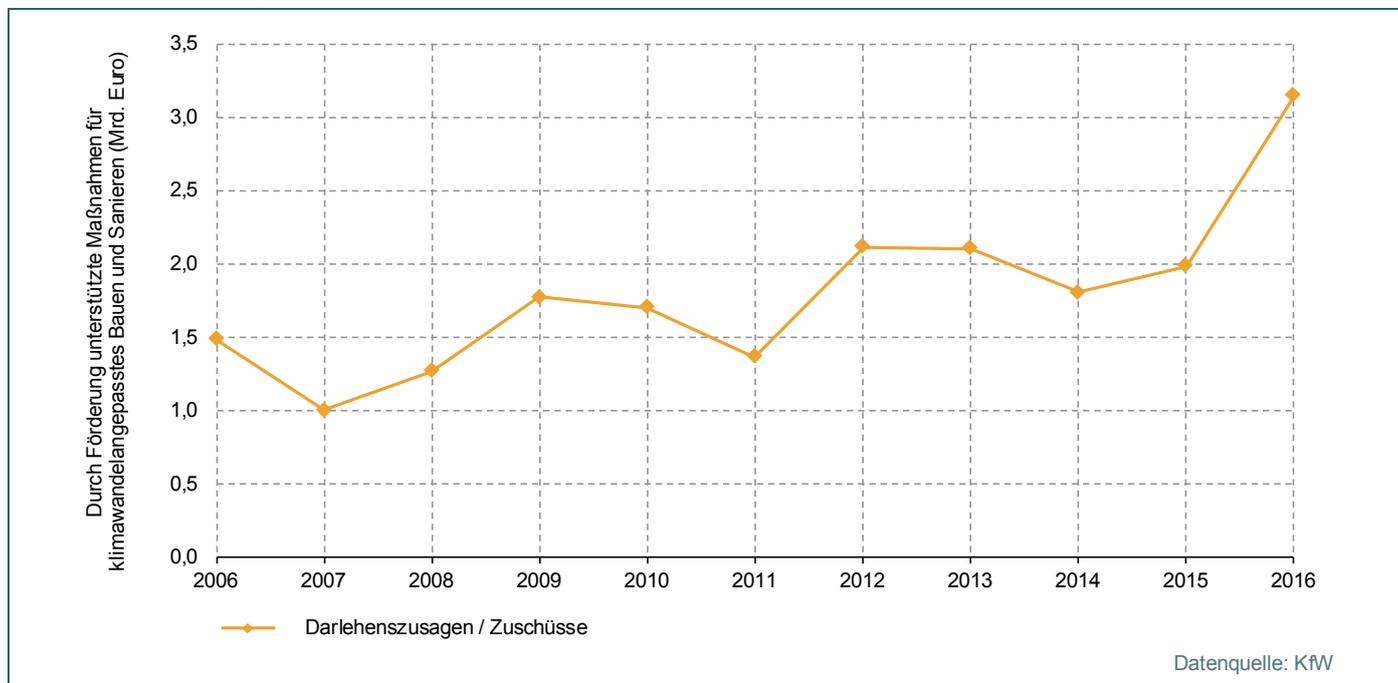


Abb. 1: Fördermittel für klimawandelangepasstes Bauen und Sanieren

## 6 Weiterführende Literatur

- Informationen zu in Bayern anwendbaren Förderprogrammen des InfoZentrums schafft: [www.izu.bayern.de/foerder/programme/](http://www.izu.bayern.de/foerder/programme/)
- Informationen zur Förderung durch die KfW: [www.kfw.de/KfW-Konzern/Über-die-KfW/Zahlen-und-Fakten/KfW-auf-einen-Blick/Förderreport/](http://www.kfw.de/KfW-Konzern/Über-die-KfW/Zahlen-und-Fakten/KfW-auf-einen-Blick/Förderreport/)
- DAS-Indikator Factsheet BAU-R-3 Fördermittel für klimawandelangepasstes Bauen und Sanieren: [www.umweltbundesamt.de/bau-r-3-das-indikator](http://www.umweltbundesamt.de/bau-r-3-das-indikator)
- Bundesregierung 2008: Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 beschlossen, 78 S. [www.bmub.bund.de/bmub/parlamentarische-vorgaenge/detailansicht/artikel/deutsche-anpassungsstrategie-an-den-klimawandel/](http://www.bmub.bund.de/bmub/parlamentarische-vorgaenge/detailansicht/artikel/deutsche-anpassungsstrategie-an-den-klimawandel/)



Anlage 2-20 zur Machbarkeitsstudie „Indikatoren für Klimafolgen und Klimaanpassung in Bayern“

Indikatoren-Kennblatt zum Klimafolgenmonitoring

## I-VE-1 Schiffbarkeit der Binnenschifffahrtsstraßen

### 1 Basisinformationen

Verfasser	Bosch & Partner GmbH: Mareike Buth
Zuständigkeit	Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), Ref. 81 Klimawandel und Wasserhaushalt: Holger Komischke
Letzte Aktualisierung	13.03.2017
Nächste Fortschreibung	Um für den Monitoringbericht zusätzliche Informationen zu haben, wäre es möglich, besonders häufig von Sperrungen betroffene Teilstrecken der Gewässer zu identifizieren. Dies gilt nicht für Niedrigwasser an der Donau, da für diesen Indikator die Werte eines einzigen Richtpegels ausgewertet werden. Die Rohdaten zu Sperrungen aufgrund von Hochwasser und Eisgang könnten aber mit mittlerem Aufwand für definierte Teilstrecken dargestellt werden (diese müssten im Vorfeld definiert werden). Eine solche Auswertung könnte als Indikator-Zusatz (oder mehrere Indikator-Zusätze, einem zu jedem Gewässer) geführt werden.

### 2 Einordnung und Berechnung

Handlungsfeld	Straßenbau und Verkehr	
Kategorie	Impact	
Indikationsfeld	Verkehrsablauf (BayKLAS-Themen: Straßen- und Schienenverkehr, Binnenschifffahrt)	
Thematischer Teilaspekt	Beeinflussung der Binnenschifffahrt	
Kurzbeschreibung des Indikators (Einheit)	Indikator I Teil A	Tage mit Schifffahrtssperrungen auf der Donau aufgrund von Hochwasser (Überschreitungen des höchsten schiffbaren Wasserstands) (Anzahl)
	Indikator I Teil B	Tage mit Schifffahrtssperrungen auf der Donau aufgrund von Eisgang (Anzahl)
	Indikator I Teil C	Tage mit Einschränkungen der Schifffahrt auf der Donau durch Niedrigwasser (Erreichung bzw. Unterschreitung des Regulierungs-Niedrigwasserstands) am Richtpegel Pfelling (Anzahl)
	Indikator II Teil A	Tage mit Schifffahrtssperrungen auf dem Main aufgrund von Hochwasser (Überschreitungen des höchsten schiffbaren Wasserstands) (Anzahl)
	Indikator II Teil B	Tage mit Schifffahrtssperrungen auf dem Main aufgrund von Eisgang (Anzahl)

	Indikator III Teil A	Tage mit Schifffahrtssperrungen auf dem Main-Donau-Kanal aufgrund von Hochwasser (Überschreitungen des höchsten schiffbaren Wasserstands) (Anzahl)
	Indikator III Teil B	Tage mit Schifffahrtssperrungen auf dem Main-Donau-Kanal aufgrund von Eisgang (Anzahl)
Berechnungs- vorschrift	Indikatoren I – III Teile A – C	direkte Übernahme der Daten
Verständnis des Indikatorwerts	Indikatoren I – III Teile A – C	<p><u>U</u>Teile A (alle Indikatoren): Je höher der Indikatorwert, desto häufiger sind Donau, Main oder Main-Donau-Kanal wegen Überschreitung des höchsten schiffbaren Wasserstands für den Schiffsverkehr gesperrt.</p> <p><u>T</u>eile B (alle Indikatoren): Je höher der Indikatorwert, desto häufiger sind Donau, Main oder Main-Donau-Kanal wegen Eisgangs gesperrt.</p> <p><u>T</u>eil C (Indikator I): Je höher der Indikatorwert, desto häufiger ist die Schifffahrt auf der Donau wegen Niedrigwasser, d. h. wegen Erreichung bzw. Unterschreitung des Regulierungs-Niedrigwasserstands, nur mit Einschränkungen möglich.</p>

### 3 Begründung und Interpretation

Begründung	<p>Die Nutzbarkeit der Binnenschifffahrtsstraßen hängt entscheidend von der meteorologischen und hydrologischen Situation im Flusseinzugsgebiet der Wasserstraße ab. Wichtigste Größe ist das Wasserdargebot im Einzugsgebiet der Binnenwasserstraßen. Seine Höhe und jahreszeitliche Verteilung bestimmen die Abfluss- und Wasserstandverhältnisse und die auch unter aktuellen Bedingungen mitunter stark variierenden Wasserstände. Hoch- und Niedrigwasser können dabei gleichermaßen zu Einschränkungen der Binnenschifffahrt führen. Im Zuge des Klimawandels könnten diese Schwankungen zunehmen. Hinzu kommen Einschränkungen durch winterlichen Eisgang, für die zukünftig aber eher mit einem Rückgang zu rechnen ist. Dabei ist zu berücksichtigen, dass bei Niedrigwasser eine Schifffahrt in der Regel mit Einschränkungen (z. B. geringere Zuladung) noch möglich ist, wohingegen die Wasserstraßen bei einer Überschreitung des höchsten schiffbaren Wasserstands oder bei stärkerem Eisgang ganz für die Schifffahrt gesperrt werden. (vgl. DAS-Indikator-Factsheet VE-I-1)</p> <p>Der Indikator betrachtet das Wasserstraßengebiet von Main und Donau inkl. des Main-Donau-Kanals, die zusammen Teil der international bedeutsamen Wasserstraßenverbindung zwischen Nordsee, Rheingebiet und Schwarzem Meer sind. An der Schleuse Jochenstein wurden im Jahr 2015 5.391 Frachtschiffe gezählt, die 3.982.514 Gütertonnen transportierten. Auf dem Main und dem Main-Donau-Kanal wurde im gleichen Jahr mit 13.985.605 Gütertonnen an der Schleuse Kostheim (Hessen) bzw. 4.038.256 Gütertonnen an der Schleuse Kelheim noch mehr Fracht transportiert. (GDWS 2016: 90f)</p> <p>Die Indikatoren I, II und III zeigen für Donau, Main und Main-Donau-Kanal die Anzahl der Tage mit Schifffahrtssperrungen wegen Überschreitung des höchsten schiffbaren Wasserstands und wegen Eisgangs. Gezählt werden alle Tage, an denen (ggf. auch nur für Teilstrecken) Sperrungen erfolgten. Eine Aggregation über alle drei Gewässer hinweg erfolgte nicht, um der unterschiedlichen Charakteristik der verschiedenen Gebiete Rechnung zu tragen. Der Main fließt im Vergleich durch wärmere, trockenere Regionen Bayerns. Außerdem ist er deutlich stärker staugeregelt: Von den 387 km des Main wird der Abfluss auf 385 km über 34 Staustufen geregelt. Der Main-Donau-Kanal (171 km) hat 16 Staustufen. Die Donau aber fließt auf 70 ihrer 203 km frei (zwischen Straubing (Donau-km 2321) und Vilshofen (Donau-km 2249)). Auf den verbleibenden 133 km finden sich sechs Staustufen.</p> <p>Für die Donau (Indikator I) werden zusätzlich die Tage dargestellt, an denen Binnenschifffahrt aufgrund von Niedrigwasser nur eingeschränkt möglich war. Da Main und Main-Donau-Kanal staugeregelt sind, spielt Niedrigwasser für die Schifffahrt hier keine Rolle.</p>
------------	--

Schwächen	<p>Auch innerhalb einzelner Flussgebiete können die Verhältnisse an den einzelnen Binnenwasserstraßen sehr unterschiedlich sein, z. B. bei einem unterschiedlichen Regulierungsgrad oder in Abhängigkeit von der Zugehörigkeit zu Ober-, Mittel- oder Unterlauf. Diese Unterschiede werden durch die Art der Datenbearbeitung (Mittelung der Beeinträchtigungen) ausgeblendet. (vgl. DAS-Indikator-Factsheet VE-I-1)</p> <p>Grundsätzlich ist bei der Interpretation des Indikators zu beachten, dass die Sperrungen oder Einschränkungen nicht für alle Verkehrsbeziehungen des Wasserstraßengebiets zutreffen müssen. Beispielsweise können bei Schifffahrtseinschränkungen in einzelnen Teilstrecken andere Teilstrecken noch problemlos befahrbar sein, sodass sich für den Gütertransport keine Schwierigkeiten ergeben (vgl. DAS-Indikator-Factsheet VE-I-1). Dies gilt insbesondere für die Donau, die z. T. frei fließt, streckenweise aber staugeregelt ist.</p> <p>Gerade die Ausbildung von Eis auf Fließgewässern wird zudem auch anthropogen beeinflusst. Eine Begradigung von Flüssen führt zu höheren Fließgeschwindigkeiten, was die Eisbildung beeinträchtigt. Industrielle Einleitungen erhöhen zudem die Wassertemperatur.</p>
Referenzen auf andere Indikatoren-systeme	<p>Klimafolgenmonitoring des Bundes: VE-I-1 Schiffbarkeit der Binnenschifffahrtsstraßen</p> <p>Klimafolgenmonitoring Baden-Württemberg: I-WE-1 Schiffbarkeit der Binnenschifffahrtsstraßen Rhein und Neckar</p>
In der BayKLAS beschriebene Klimawandelfolgen	<p>Für die Binnenschifffahrt sind die Wasserstände der Wasserstraßen von hoher Relevanz. Die ohnehin vorhandenen jahreszeitlichen Schwankungen der Wasserstände könnten sich mit dem Klimawandel weiter verstärken und langfristig häufigere Einschränkungen bzw. Einstellungen der Schifffahrt zur Folge haben (→Tourismus, → Industrie und Gewerbe). (S. 139)</p> <p>Bei Hochwasserereignissen kann die verringerte Durchfahrtshöhe an Brücken den Schiffsverkehr, zum Beispiel durch Einschränkung der Beladungshöhe oder Einstellung der Schifffahrt, beeinträchtigen (→ Industrie und Gewerbe). Mit erhöhten Strömungsgeschwindigkeiten wird zudem das Manövrieren erschwert und nehmen Risiken durch Treibgut zu. (S. 139)</p> <p>Positiv für die Schifffahrt ist hingegen, dass Behinderungen der Schifffahrt oder deren Einstellung durch Eisgang auf Flüssen und Kanälen sowie Eisbildung an Schleusen bzw. staugeregelten Abschnitten, abnehmen werden. (S. 139)</p>
Zielbezüge, Maßnahmen	Förderung von Forschungsprojekten zu Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt; Materialforschung für Fahrzeuge und Straßenbeläge (VI_08)
Berichtspflichten	Derzeit keine

#### 4 Technische Informationen

Datenquelle	Indikator I Teile A – C	Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt (GDWS): hausinterne Statistik
	Indikator II Teile A, B	Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt (GDWS): hausinterne Statistik
	Indikator III Teile A, B	Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt (GDWS): hausinterne Statistik
Räumliche Auflösung	Indikator I Teile A, B	Donau
	Indikator I Teil C	Richtpegel Pfelling
	Indikator II Teile A, B	Main

	Indikator III Teile A, B	Main-Donau-Kanal
Geografische Abdeckung	Indikator I Teile A – C	Donau
	Indikator II Teile A, B	Main
	Indikator III Teile A, B	Main-Donau-Kanal
Zeitliche Auflösung	Indikator I Teile A, B	Ab 1978, jährlich
	Indikator I Teil C	Ab 2000, jährlich
	Indikator II Teil A	Ab 1995, jährlich
	Indikator II Teil B	Ab 1982, jährlich
	Indikator III Teile A, B	Ab 1980, jährlich
Beschränkungen, Datenkosten	Keine	
Aufwand	Ca. 3 Std. für die Datenfortschreibung	

## 5 Darstellung

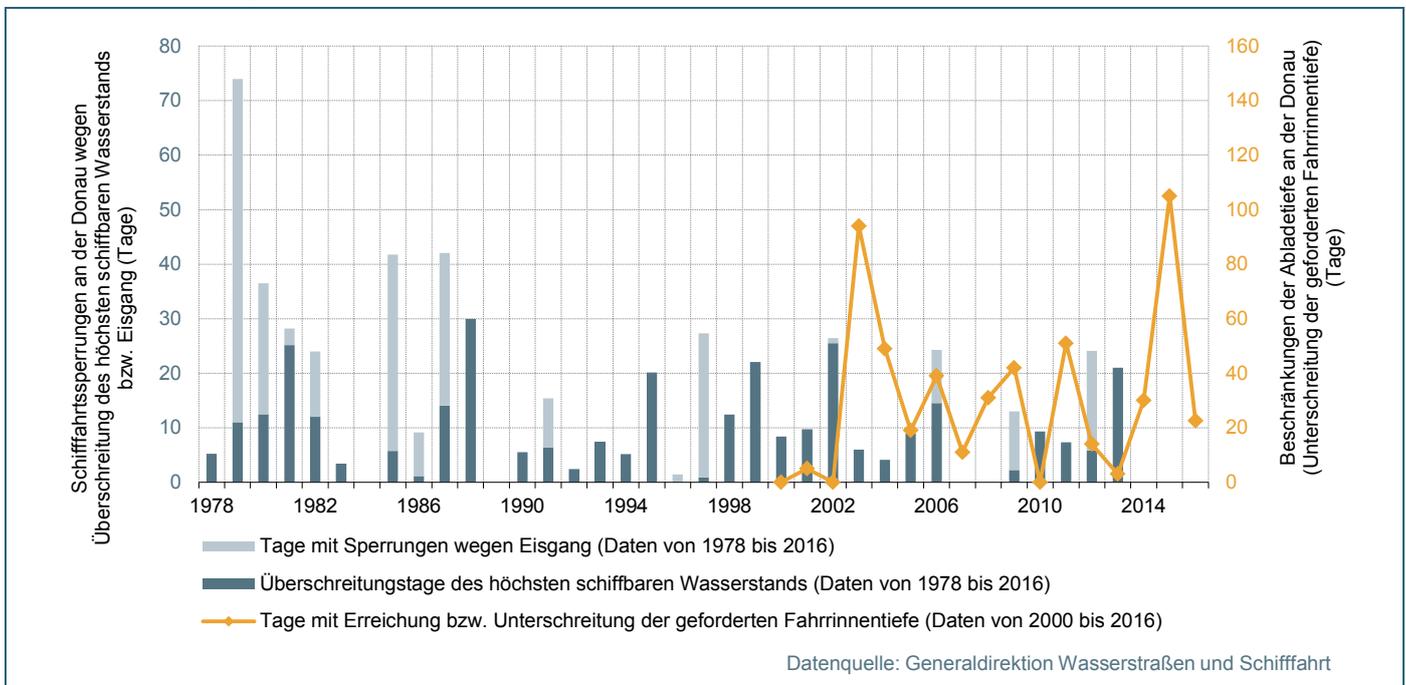


Abb. 1: Indikator I – Schiffbarkeit der Donau

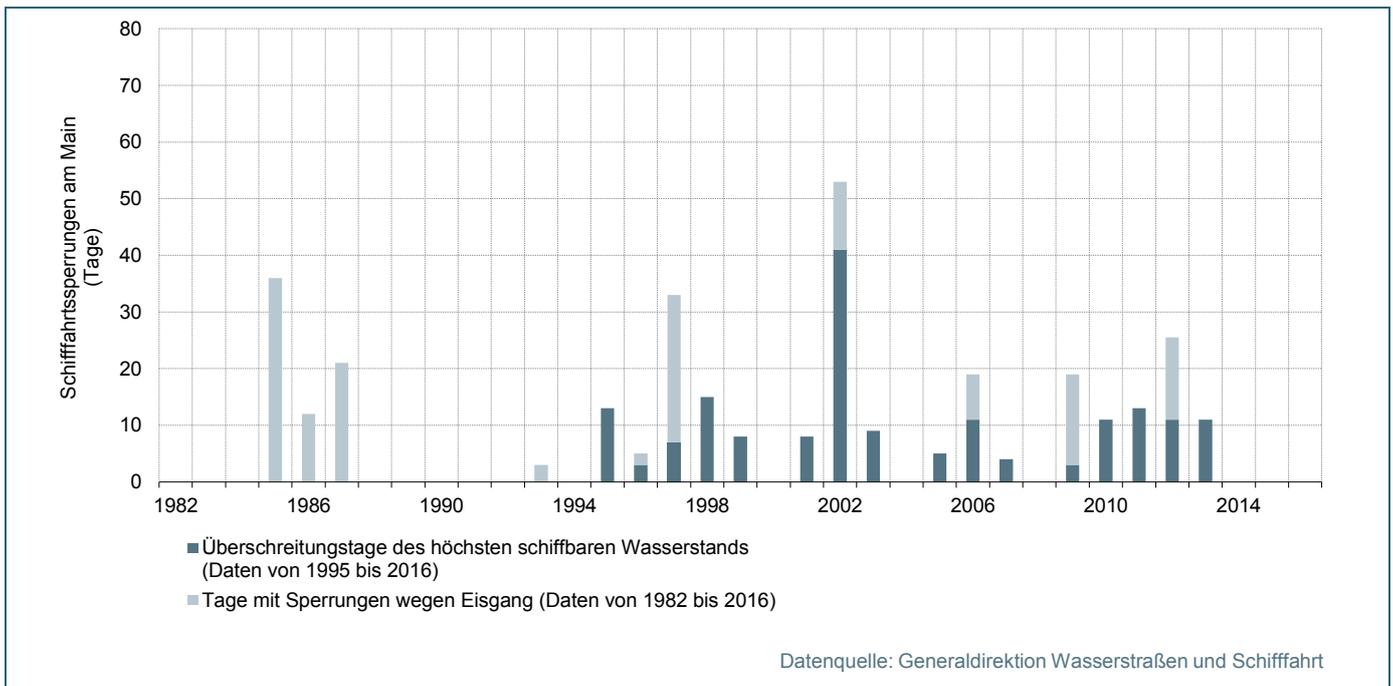


Abb. 2: Indikator II – Schiffbarkeit des Main

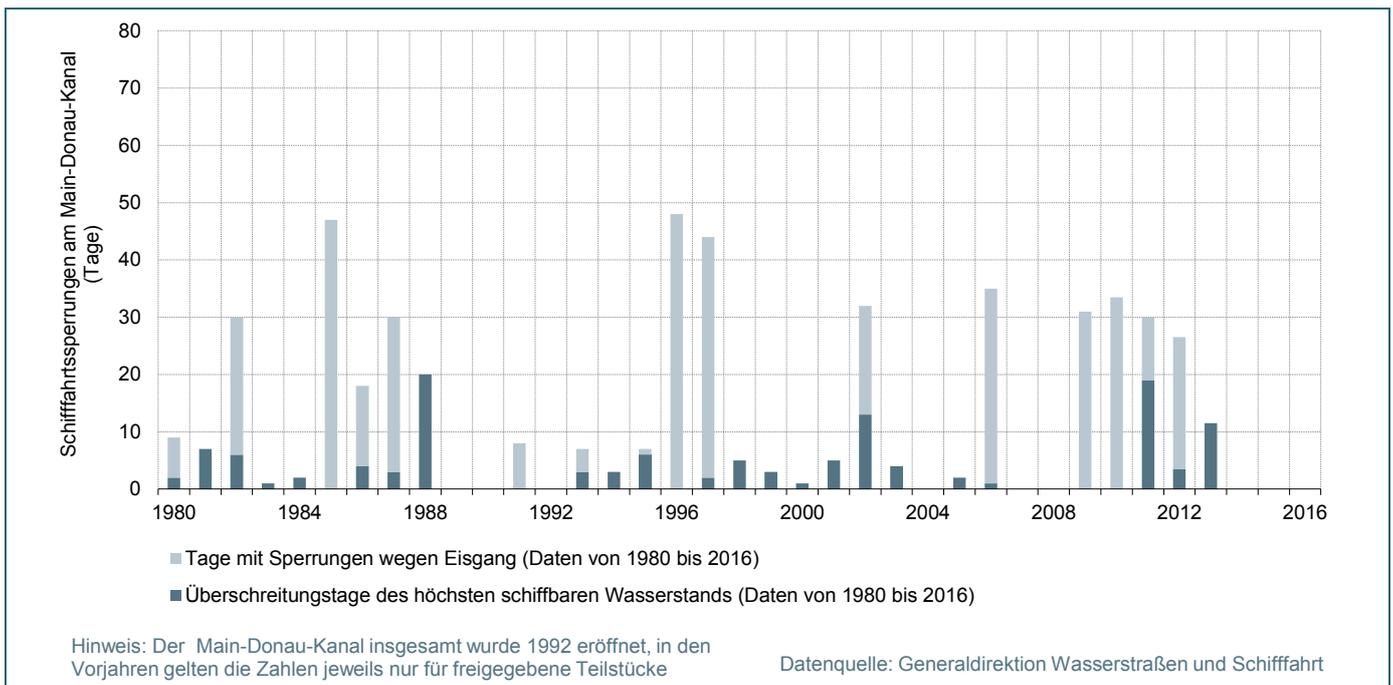


Abb. 3: Indikator III – Schiffbarkeit des Main-Donau-Kanals

## 6 Glossar

### Fahrrinntiefe

Die Fahrrinntiefe einer Wasserstraße entspricht der Solltiefe der Fahrrinne unter dem Bezugswasserspiegel. Sie sollte einen Spielraum von zusätzlichen 20cm zur Tauchtiefe der die Wasserstraße nutzenden Binnenschiffe aufweisen.

### Höchster schiffbarer Wasserstand (HSW)

Oberer Grenzwert, bis zu dem der Verkehr auf der Wasserstraße zulässig ist: Wird bei Hochwasser dieser Wasserstand erreicht, muss die Schifffahrt eingestellt werden, um zu verhindern, dass die Schiffe an den Brücken Schaden nehmen sowie um Schäden in den Uferbereichen durch die Schiffswellen zu vermeiden.

### **Regulierungs-Niedrigwasserstand (RNW)**

Der RNW auf der Donau ist definiert als der Wasserstand, der sich an mindestens 94 Prozent aller eisfreien Tage im Jahr einstellt (als statistisches Mittel der Jahre 1961 bis 1990). Das Wasser- und Schifffahrtsamt unterhält auf der Donau eine Fahrrinnen-Tiefe von 2,0 Metern unter Regulierungs-Niedrigwasserstand. Der RNW am Pegel Pfelling beträgt 2,90 Meter.

### **Tauchtiefe**

Summe aus Tiefgang (Abstand zwischen dem tiefsten Punkt eines Schiffes in Ruhe und dem Wasserspiegel) und Einsinktiefe (Maß, um das ein Schiff durch innere und/oder äußere Einwirkungen gegenüber seiner Ruhelage tiefer einsinkt) bzw. fahrdynamischem Einsinken eines Schiffes.

## **7 Weiterführende Literatur**

- DAS-Indikator-Factsheet VE-I-1 Schiffbarkeit der Binnenschiffahrtsstraßen:  
[www.umweltbundesamt.de/ve-i-1-das-indikator](http://www.umweltbundesamt.de/ve-i-1-das-indikator)
- BayStMUV – Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (Hrsg.) 2016: Bayerische Klima-Anpassungsstrategie. München, 218 S.
- Seiffert T.C. & Schwieger B. 2010: Schwerpunktsetzung für den Ausbau der Bundeswasserstraßen – Zustandsanalyse für die politische Bewertung. Studie im Auftrag der Bundestagsfraktion Bündnis 90 / Die Grünen, Berlin, 64 S.
- StBA – Statistisches Bundesamt (Hrsg.) 2011: Verkehr – Verkehr im Überblick 2010. Statistisches Bundesamt Fachserie 8 Reihe 1.2, Wiesbaden, 191 S.
- StMUG – Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (Hrsg.) 2012: Folgen des Klimawandels. Verkehr, Tourismus und Energieversorgung vor neuen Herausforderungen. Ein Leitfaden. München, 44 S.
- GDWS – Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt (Hrsg.) 2016: Verkehrsbericht 2014/2015. Bonn, 138 S.



Indikatoren-Kennblatt zum Klimafolgenmonitoring

## I-VE-2 Wetterbedingte Straßenverkehrsunfälle

### 1 Basisinformationen

Verfasser	Bosch & Partner GmbH: Stefan v. Andrian-Werburg
Zuständigkeit	Bayerisches Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr (StMI), SG IC4: Helmut Nagl
Letzte Aktualisierung	04.04.2017
Nächste Fortschreibung	

### 2 Einordnung und Berechnung

Handlungsfeld	Straßenbau und Verkehr	
Kategorie	Impact	
Indikationsfeld	Verkehrssicherheit (BayKLAS-Themen: Straßen- und Schienenverkehr)	
Thematischer Teilaspekt	Veränderung des Unfallrisikos – Straßenverkehr	
Kurzbeschreibung des Indikators (Einheit)	Teil A	Anteil der Straßenverkehrsunfälle mit Personenschaden und der schwerwiegenden Straßenverkehrsunfälle mit Sachschaden im engeren Sinn mit einer Mitverursachung durch Schnee- und Eisglätte an allen Straßenverkehrsunfällen mit Personenschaden und schwerwiegenden Straßenverkehrsunfällen mit Sachschaden im engeren Sinn (Prozent, %)
	Teil B	Anteil der Straßenverkehrsunfälle mit Personenschaden und der schwerwiegenden Straßenverkehrsunfälle mit Sachschaden im engeren Sinn mit einer Mitverursachung durch Glätte bei Regen an allen Straßenverkehrsunfällen mit Personenschaden und schwerwiegenden Straßenverkehrsunfällen mit Sachschaden im engeren Sinn (Prozent, %)
	Teil C	Anteil der Straßenverkehrsunfälle mit Personenschaden und der schwerwiegenden Straßenverkehrsunfälle mit Sachschaden im engeren Sinn mit einer Mitverursachung durch wetterbedingte Sichtbehinderungen (Nebel; Starkregen, Hagel, Schneegestöber), Seitenwind oder Unwetter an allen Straßenverkehrsunfällen mit Personenschaden und schwerwiegenden Straßenverkehrsunfällen mit Sachschaden im engeren Sinn (Prozent, %)
Berechnungsvorschrift	Teil A	Mitverursachung durch Schnee- und Eisglätte = ((Straßenverkehrsunfälle mit Personenschaden + schwerwiegende Straßenverkehrsunfälle mit Sachschaden im engeren Sinn jeweils unter Mitverursachung durch Schnee- und Eisglätte) / (Gesamtanzahl der Straßenverkehrsunfälle mit Personenschaden +

		Gesamtanzahl der schwerwiegenden Straßenverkehrsunfälle mit Sachschaden im engeren Sinn)) * 100
	Teil B	Mitverursachung durch Glätte bei Regen = ((Straßenverkehrsunfälle mit Personenschaden + schwerwiegende Straßenverkehrsunfälle mit Sachschaden im engeren Sinn jeweils unter Mitverursachung durch Glätte bei Regen) / (Gesamtanzahl der Straßenverkehrsunfälle mit Personenschaden + Gesamtanzahl der schwerwiegenden Straßenverkehrsunfälle mit Sachschaden im engeren Sinn)) * 100
	Teil C	Mitverursachung durch wetterbedingte Sichtbehinderungen (Nebel; Starkregen, Hagel, Schneegestöber), Seitenwind oder Unwetter = ((Straßenverkehrsunfälle mit Personenschaden + schwerwiegende Straßenverkehrsunfälle mit Sachschaden im engeren Sinn jeweils unter Mitverursachung durch wetterbedingte Sichtbehinderungen (Nebel; Starkregen, Hagel, Schneegestöber), Seitenwind oder Unwetter) / (Gesamtanzahl der Straßenverkehrsunfälle mit Personenschaden + Gesamtanzahl der schwerwiegenden Straßenverkehrsunfälle mit Sachschaden im engeren Sinn)) * 100
Verständnis des Indikatorwerts	Teil A	Je höher der Indikatorwert, desto höher ist der Anteil der Straßenverkehrsunfälle mit Personenschaden, der durch Schnee- und Eisglätte mitverursacht wird.
	Teil B	Je höher der Indikatorwert, desto höher ist der Anteil der Straßenverkehrsunfälle mit Personenschaden, der durch Glätte bei Regen mitverursacht wird.
	Teil C	Je höher der Indikatorwert, desto höher ist der Anteil der Straßenverkehrsunfälle mit Personenschaden, der durch wetterbedingte Sichtbehinderungen (Nebel; Starkregen, Hagel, Schneegestöber), Seitenwind oder Unwetter mitverursacht wird.

### 3 Begründung und Interpretation

Begründung	<p>Für die Verkehrssicherheit auf Straßen werden verschiedene und teilweise gegenläufige Auswirkungen des Klimawandels erwartet. In der BayKLAS wird zum einen auf die Folgen von Materialschäden und Verformungen (Spurrillen) hingewiesen, die unter anderem durch den häufigen Wechsel zwischen Frost- und Auftauperioden in Verbindung mit hohen Verkehrsbelastungen entstehen können, und die zu einer Erhöhung der Unfallgefahr führen können. In den Sommermonaten kann unter Hitzestress das Risiko von Herz-Kreislauf-Problemen steigen und die Konzentrationsfähigkeit der Menschen im Straßenverkehr sinken. Die Unfallgefahr kann sich dadurch ebenfalls erhöhen (StMUV 2016). Hinsichtlich des Einflusses sommerlicher Temperaturen hat eine Studie der Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen, die in den 1990er-Jahren den Einfluss der Witterung auf das Unfallgeschehen im Straßenverkehr untersucht hat, bei einem insgesamt eher schwachen Zusammenhang zwischen Witterung und Unfallgeschehen eine vergleichsweise starke Auswirkung der thermischen Belastung herausgearbeitet. Bei dieser Untersuchung wurde eine mikroanalytische Sichtweise angenommen, indem die Unfallzahlen und Witterungsverhältnisse möglichst kleiner lokaler und zeitlicher Einheiten zueinander in Beziehung gesetzt und statistisch analysiert wurden (ARMINGER et al. 1996).</p> <p>Für die Wintermonate wird hingegen für die Zukunft eher mit einer abnehmenden Glättegefahr und in der Folge auch mit abnehmenden Unfallzahlen gerechnet (StMUV 2016).</p> <p>Um diese Sachverhalte mit kontinuierlich erhobenen Daten zu beschreiben, kann die Statistik der Straßenverkehrsunfälle herangezogen werden. Dort werden die Unfälle registriert, bei denen infolge des Fahrverkehrs auf öffentlichen Wegen und Plätzen Personen getötet oder verletzt oder Sachschäden verursacht worden sind. Unfälle mit Personenschaden werden ebenso wie schwerwiegende Unfälle mit Sachschaden hinsichtlich ihrer Ursachen erfasst. Die Einstufung der Mitverursachung der Witterungseinflüsse erfolgt durch die Unfall aufnehmenden Polizeibeamten. Als wetter- und witterungsbedingt können dabei folgende Ursachen</p>
------------	---

	<p>zählen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Straßenverhältnisse als Unfallursache: Glätte oder Schlüpfrigkeit der Fahrbahn wegen Schnee und Eis bzw. wegen Regen;</li> <li>• Witterungseinflüsse als Unfallursache: Sichtbehinderung durch Nebel starken Regen, Hagel, Schneegestöber usw.; Seitenwind; Unwetter oder sonstige Witterungseinflüsse.</li> </ul> <p>Eine Erfassung von Hitze oder sommerlichen Temperaturen unter den allgemeinen Unfallursachen bei Straßenverkehrsunfällen mit Personenschäden findet bislang nicht statt. Die thermische Belastung</p> <p>Hinsichtlich der Datenauswahl ist eine Beschränkung auf schwerwiegende Unfälle sinnvoll. Als solche werden Unfälle mit Personenschaden, bei denen Menschen getötet oder (schwer/leicht-) verletzt wurden, sowie schwerwiegende Unfälle mit Sachschaden im engeren Sinn berücksichtigt. Durch die Formulierung als Anteil lassen sich gegenüber einer alleinigen Darstellung der Unfallhäufigkeit in absoluten Zahlen die relative Bedeutung einzelner Einflussfaktoren und dadurch ein möglicher Handlungsbedarf leichter erkennen.</p> <p>Mit dem Indikator lassen sich die Entwicklungen der relevanten Größen in einer langjährigen Zeitreihe darstellen und beobachten. Der Indikator reagiert insbesondere für die beiden Teile „Mitverursachung durch Schnee- und Eisglätte“, „Mitverursachung der Glätte bei Regen“ direkt auf das Wetter- und Witterungsgeschehen des jeweiligen Jahres.</p>
Schwächen	<p>Der Indikator stellt nur teilweise auf die in der BayKLAS genannten Unfallursachen ab. Nicht dargestellt werden zum einen Unfälle infolge von Hitze. Zum anderen können auch Unfälle, zu denen es aufgrund von witterungsbedingten Straßenschäden gekommen ist, nicht abgebildet werden.</p> <p>In der statistischen Erfassung der einzelnen Straßenverkehrsunfälle ist das Wetter- und Witterungsgeschehen nur ein Begleitumstand der Unfallverursachung neben zahlreichen anderen unfallverursachenden Faktoren. Die Bedeutung der einzelnen Faktoren für die Unfallentstehung wird nicht bewertet und kann entsprechend nicht berücksichtigt werden. Hinzu kommt, dass bei der Einschätzung der Unfallverursachung die Wahrnehmung der aufnehmenden Polizeibeamten eine Rolle spielt, sodass die Informationen einer gewissen Subjektivität unterliegen.</p> <p>Bei der Interpretation ist grundsätzlich zu berücksichtigen, dass mehrere Faktoren den generellen Verlauf des Unfallgeschehens beeinflussen, z. B. der technische Fortschritt an Straßenbelag und Fahrzeugen, die Weiterentwicklung des Warnwesens, das Verkehrsaufkommen etc. Auch angepasstes Verhalten der Verkehrsteilnehmer fließt direkt in den Indikator ein, z. B. die Gewöhnungs- und Lerneffekte der Verkehrsteilnehmer, die möglicherweise nicht nur bezogen auf einzelne Jahreszeiten, sondern auch dauerhaft zu einem angepasstem Fahrverhalten bei widrigen Wetterbedingungen oder z. B. zu rechtzeitiger Verwendung von geeigneten Reifen führen können. Auch die Wirksamkeit von Anpassungsmaßnahmen fließt direkt in den Indikator ein, z. B. das Ausbringen von Streumitteln bei winterlicher Glättegefahr. (vgl. DAS-Indikator-Factsheet VE-I-1)</p> <p>Beobachtet wird demnach nur die Entwicklung als Produkt all dieser Faktoren. Eine genaue Analyse hinsichtlich einzelner Faktoren ist anhand des Indikators nicht möglich.</p>
Referenzen auf andere Indikatoren-systeme	<p>Klimafolgenmonitoring des Bundes: VE-I-2 Witterungsbedingte Straßenverkehrsunfälle  Klimafolgenmonitoring Thüringen: I-VE-3 Witterungsbedingte Straßenverkehrsunfälle</p>
In der BayKLAS beschriebene Klimawandelfolgen	<p>Temperaturbedingte Gefährdungen ergeben sich unter anderem bei einem häufigen Wechsel zwischen Frost- und Auftauperioden in Verbindung mit hohen Verkehrsbelastungen. Neben Materialschäden wie Schlaglochbildung können Verformungen an Straßenbelägen (Spurrillen) und Schienen beobachtet werden [...]. Im schlimmsten Fall können derartige Verformungen zu Zugentgleisungen und einer Erhöhung der Unfallgefahr auf Straßen führen. (S. 145)</p> <p>Auch steigt unter Hitzestress das Risiko von Herz-Kreislauf-Problemen und sinkt die Konzentrationsfähigkeit der Menschen im Straßenverkehr. Besonders für ältere Menschen erhöht sich somit die Unfallgefahr. (S. 145)</p>

	Dagegen könnte die Zahl der Unfälle durch Schnee und Glätte zukünftig abnehmen (→ Gesundheit). (S. 145)
Zielbezüge, Maßnahmen	Geschwindigkeitsbegrenzungen und Brücken- sowie Tunnel(teil)sperrungen zu witterungsbedingten Gefahrenzeiten, als Vorsorge bei u. a. Starkniederschlag und Sturm (z. B. 80 km/h auf windbruchgefährdeten Strecken) (VS_03) Installation von Windschutzeinrichtungen an windexponierten Talbrücken (VS_04)
Berichtspflichten	Derzeit keine

#### 4 Technische Informationen

Datenquelle	Teile A – C	Bayerisches Landesamt für Statistik: Straßenverkehrsunfallstatistik
Räumliche Auflösung	Teile A – C	NUTS 1
Geografische Abdeckung	Teile A – C	Ganz Bayern
Zeitliche Auflösung	Teile A – C	Ab 2003, jährlich
Beschränkungen, Datenkosten	Keine	
Aufwand	Ca. 2 Stunden für die Datenfortschreibung	

#### 5 Darstellung

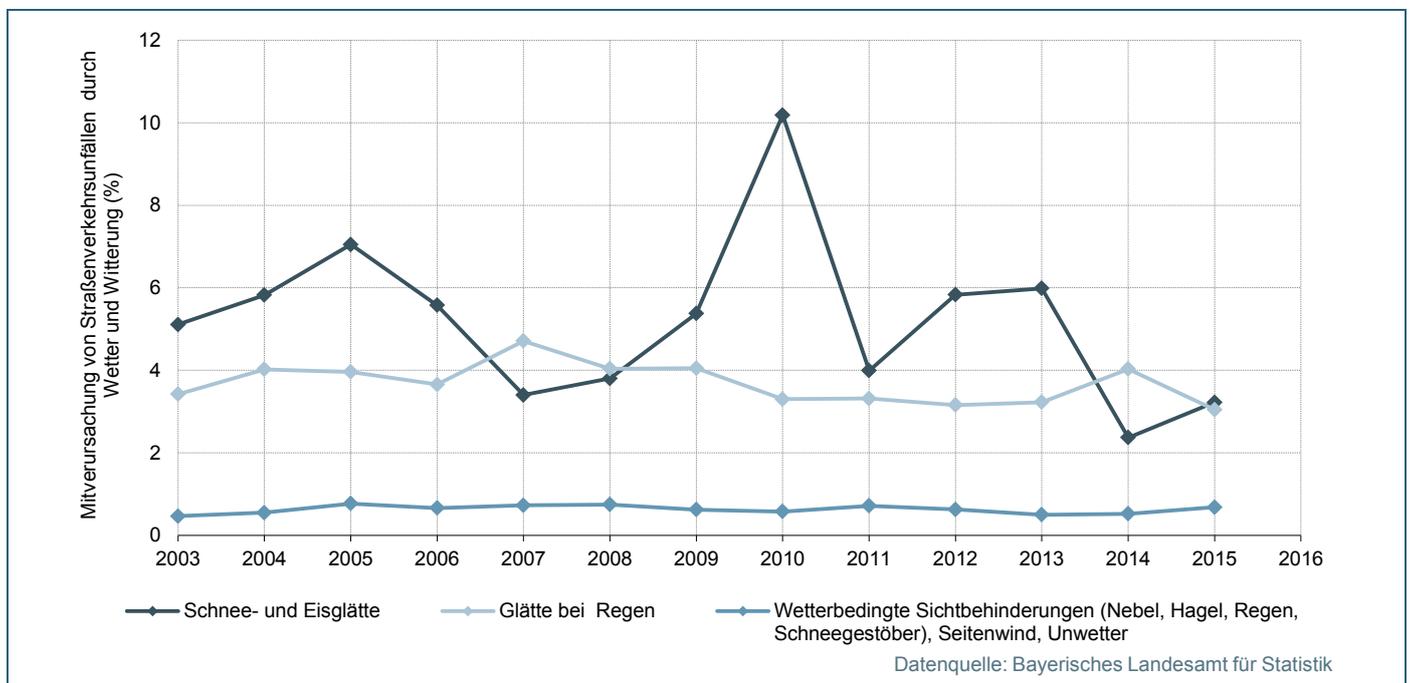


Abb. 1: Wetterbedingte Straßenverkehrsunfälle

#### 6 Glossar

##### Unfälle mit Personenschaden

sind Unfälle, bei denen Menschen getötet oder (schwer/leicht-) verletzt wurden.

**Schwerwiegende Unfälle mit Sachschaden (im engeren Sinne)**

sind Unfälle, bei denen als Unfallursache ein Straftatbestand oder eine Ordnungswidrigkeit (Bußgeld) im Zusammenhang mit der Teilnahme am Straßenverkehr vorlag und bei denen gleichzeitig mindestens ein Kfz aufgrund des Unfallschadens von der Unfallstelle abgeschleppt werden musste (nicht fahrbereit).

**7 Weiterführende Literatur**

- DAS-Indikator-Factsheet VE-I-2 Witterungsbedingte Straßenverkehrsunfälle:  
[www.umweltbundesamt.de/ve-i-2-das-indikator](http://www.umweltbundesamt.de/ve-i-2-das-indikator)
- Arminger G., Bommert K., Bonne T. 1996: Einfluß der Witterung auf das Unfallgeschehen im Straßenverkehr. In: Deutsche Statistische Gesellschaft (Hrsg.) 1996: Allgemeines statistisches Archiv. 80. Band 2/1996, Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen: 181-206.
- StMUV – Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (Hrsg.) 2016: Bayerische Klima-Anpassungsstrategie. München, 218 S.



Anlage 2-22 zur Machbarkeitsstudie „Indikatoren für Klimafolgen und Klimaanpassung in Bayern“

Indikatoren-Kennblatt zum Klimafolgenmonitoring

## I-EW-1 Heiz- und Kühlgradtage

### 1 Basisinformationen

Verfasser	Bosch & Partner GmbH: Mareike Buth
Zuständigkeit	Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), Ref. 81. Klimawandel und Wasserhaushalt, Frank Bäse
Letzte Aktualisierung	30.08.2017
Nächste Fortschreibung	

### 2 Einordnung und Berechnung

Handlungsfeld	Energiewirtschaft	
Kategorie	Impact	
Indikationsfeld	Energiebedarf (BayKLAS-Thema: Energieversorgung)	
Thematischer Teilaspekt	Mengenmäßige Nachfrageänderung	
Kurzbeschreibung des Indikators (Einheit)	Indikator I	Heizgradtage für 6 bayerische Städte (Kelvin*Tage, K*d)
	Indikator II	Kühlgradtage für 6 bayerische Städte (Kelvin*Tage, K*d)
Berechnungsvorschrift	Indikator I und II	Direkte Übernahme der Daten Heizgradtage im Jahr = Jahressumme der Temperaturdifferenzen zwischen der Heizgrenztemperatur (15 °C) und dem Tagesmittelwert der Außenlufttemperatur, gerechnet über alle Heiztage eines Kalenderjahres. Kühlgradtage im Jahr = Jahressumme der Temperaturdifferenzen zwischen der Kühlgrenztemperatur (18,3 °C) und dem Tagesmittelwert der Außenlufttemperatur, gerechnet über alle Kühlitage eines Kalenderjahres.
Verständnis des Indikatorwerts	Indikator I und II	Je höher der Indikatorwert, desto mehr Heizgradtage bzw. Kühlgradtage traten in Bayern im landesweiten Mittel auf.

### 3 Begründung und Interpretation

Begründung	Als thermisch behaglich wird ein Raumklima bezeichnet, wenn der Mensch Lufttemperatur, Luftfeuchte, Luftbewegung und Wärmestrahlung in seiner Umgebung als optimal empfindet und weder wärmere noch kältere, weder trockenere noch feuchtere Raumluft wünscht (Bux
------------	--

	<p>2006: 10). Vor allem bei nicht oder nur wenig gedämmten Gebäuden werden das Innenraumklima und damit die Aufenthaltsqualität im Inneren stark von den Außentemperaturen beeinflusst.</p> <p>Um ein behagliches Innenraumklima sicherzustellen, wird der Großteil der Gebäude in den kalten Monaten des Jahres beheizt. In den Sommermonaten wiederum werden Wohngebäude, sofern die Häuser entsprechend ausgestattet sind und passive Maßnahmen wie Beschattung nicht ausreichen, klimatisiert. Beim Heizen und Kühlen wird Energie in Form von elektrischem Strom, Heizöl oder anderen Kraftstoffen verwendet. Daher stehen das Thema sowie der hier entwickelte Indikator an der Schnittstelle zwischen den Handlungsfeldern Energiewirtschaft und Bauwesen. Während für die Energiewirtschaft vor allem die Deckung des Energiebedarfs von Bedeutung ist, spielt für das Bauwesen die zukunftssichere Gestaltung der Gebäude eine wichtige Rolle. So brauchen durch bau- und anlagentechnische Weiterentwicklungen moderne Gebäude schon heute ca. 90 % weniger Heizenergie als Gebäude, die vor 30 Jahren errichtet wurden (StMWi 2016: 28).</p> <p>Der Klimawandel beeinflusst sowohl den Bedarf an Heizenergie als auch den an Kühlenergie. Höhere Temperaturen in den Sommermonaten führen zu einem höheren Kühlenergiebedarf, sofern die Innenraumtemperaturen nicht durch Dämmung oder andere passive Maßnahmen reguliert werden können. In Deutschland war diese Reaktion z. B. in den heißen Sommern der Jahre 2003 und 2006 zu beobachten, als der Verkauf mobiler Klimaanlage zur aktiven Kühlung von Wohnungen und Häusern außergewöhnlich stark anstieg und solche Geräte in einzelnen Baumärkten zeitweise sogar ausverkauft waren. Der Einsatz dieser Geräte in einer Vielzahl von Gebäuden resultiert in einem erhöhten Strombedarf bei heißer Witterung, der für das Versorgungsnetz der Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerke (RWE) für den Sommer 2003 bereits nachgewiesen wurde. Damit verbunden sind je nach verwendetem Strommix oft auch höhere CO<sub>2</sub>-Emissionen (vgl. DAS-Indikator-Factsheet BAU-R-2).</p> <p>In den Wintermonaten ist eine gegenläufige Entwicklung zu erwarten. Zukünftig zunehmende Wintertemperaturen können dazu führen, dass der Heizenergiebedarf für die Erzeugung von Raumwärme zurückgeht.</p> <p>Daten, die den Heiz- und den Kühlenergieverbrauch direkt beschreiben, sind nicht in ausreichendem Umfang verfügbar. Daher wird der Bedarf an Gebäudeheizung und -kühlung über die Heiz- und Kühlgradtage beschrieben. Heiz- und Kühlgradtage sind rechnerische Größen. Sie beruhen auf einer Heiz- bzw. Kühlgrenztemperatur, die die Außentemperatur beschreibt, von der angenommen wird, dass ab ihr geheizt oder gekühlt wird. Heizgradtage werden z. B. nach VDI 3807 und VDI 4710 als Maß zur Abschätzung des Wärmebedarfs von Wohngebäuden in der Heizperiode verwendet.</p> <p>Die Grenztemperaturen für Tage, an denen geheizt bzw. gekühlt wird, können für einzelne Gebäude unterschiedlich sein, da sie von den Eigenschaften des Gebäudes und seiner Umgebung (z. B. seiner Verschattung) abhängen. Üblicherweise wird für ungedämmte Gebäude mit einer Heizgrenztemperatur von 15 °C (Tagesdurchschnittstemperatur) und für isolierte Gebäude mit einer Heizgrenztemperatur von 12 °C gerechnet. Als Kühlgrenztemperatur ist eine Tagesdurchschnittstemperatur von 18,3 °C üblich.</p> <p>Die Berechnung eines Heizgradtages berücksichtigt zudem, wie stark die Heizgrenztemperatur unterschritten wird: Berechnet wird das Produkt aus einem Tag und der Differenz der Tagesmitteltemperatur zur Heizgrenztemperatur. Analog werden die Kühlgradtage als Produkt des Tages und der Differenz seiner Tagesdurchschnittstemperatur zur Kühlgrenztemperatur berechnet.</p> <p>Ein Heiztag ist hier definiert als ein Tag, an dem der Tagesmittelwert der Außenlufttemperatur den Schwellenwert von 15 °C unterschreitet. Bei der Interpretation des Indikators ist zu beachten, dass es sich um rechnerische Werte handelt. Auch wird in Bayern weitaus mehr Energie für das Heizen als für das Kühlen von Gebäuden verbraucht. Private Wohngebäude benötigen hier bei einem guten baulichen Sonnenschutz praktisch keine Klimaanlage.</p>
Schwächen	<p>Der Indikator zeigt die klimatischen Rahmenbedingungen an und nicht die tatsächlichen Auswirkungen des Klimawandels auf den Energiebedarf. So hängt der tatsächliche Energiebedarf z. B. auch von der Entwicklung der Energieeffizienz der Gebäude ab. Es bleibt damit unklar, ob die Auswirkungen auf den Heiz- bzw. Kühlenergiebedarf tatsächlich in der erwarteten Form eintreten.</p>

	Aus klima- und umweltpolitischer Sicht ist der Bedarf an Kühl- und Heizenergie und die Verteilung auf die Energieträger vor allem ein Thema des Klimaschutzes (Energieeffizienz, Energieträgerwechsel) bzw. der Luftreinhaltung (Emissionen, Feinstaub). Im Zusammenhang mit der Klimaanpassung des Energiesystems spielt das Thema keine herausgehobene Rolle.
Referenzen auf andere Indikatorensysteme	Länderinitiative Kernindikatoren (LIKI): A3 – Energieverbrauch Klimafolgenmonitoring Baden-Württemberg: I-SR-4 Kühlgradtage Klimafolgenmonitoring Thüringen: I-EW-1 Kühl- und Heizgradtage Indikatorensystem zu Klimaentwicklung und Klimawandelfolgen der Europäischen Umweltagentur: CLIM 047 Heating degree days
In der BayKLAS beschriebene Klimawandelfolgen	Generell führt der Temperaturanstieg zu einer veränderten Energienachfrage wie zum Beispiel erhöhter Kühlungsbedarf im Sommer und geringerer Wärmebedarf im Winter (→ Bauwesen). Insbesondere im Haushaltskundenbereich werden dadurch ein sinkender Wärmeverbrauch und Umsatzeinbußen im Winter erwartet. Dem gegenüber steigert sich durch den Einsatz von Klimaanlage der Stromabsatz im Sommer. (S. 152f)
Zielbezüge, Maßnahmen	Entwicklung von Smart-Grids (intelligente Stromnetze); durch optimiertes Management von Energieerzeugung, Energiespeicherung, Energieverbrauch und dem Stromnetz selbst können Angebot und Nachfrage synchronisiert werden (EW_11)
Berichtspflichten	Derzeit keine

#### 4 Technische Informationen

Datenquelle	Indikator I und II	Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU): Eigene Statistik
Räumliche Auflösung	Indikator I und II	6 Stationen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Augsburg</li> <li>• Hof</li> <li>• Kempten</li> <li>• München</li> <li>• Regensburg</li> <li>• Würzburg</li> </ul>
Geografische Abdeckung	Indikator I und II	Ganz Bayern
Zeitliche Auflösung	Indikator I und II	Augsburg: ab 1951, jährlich Hof: ab 1951, jährlich Kempten: ab 1952, jährlich München: ab 1955, jährlich Regensburg: ab 1951, jährlich Würzburg: ab 1951, jährlich
Beschränkungen, Datenkosten	Keine	
Aufwand		Ca. 3 Std. für die Datenfortschreibung

## 5 Darstellung

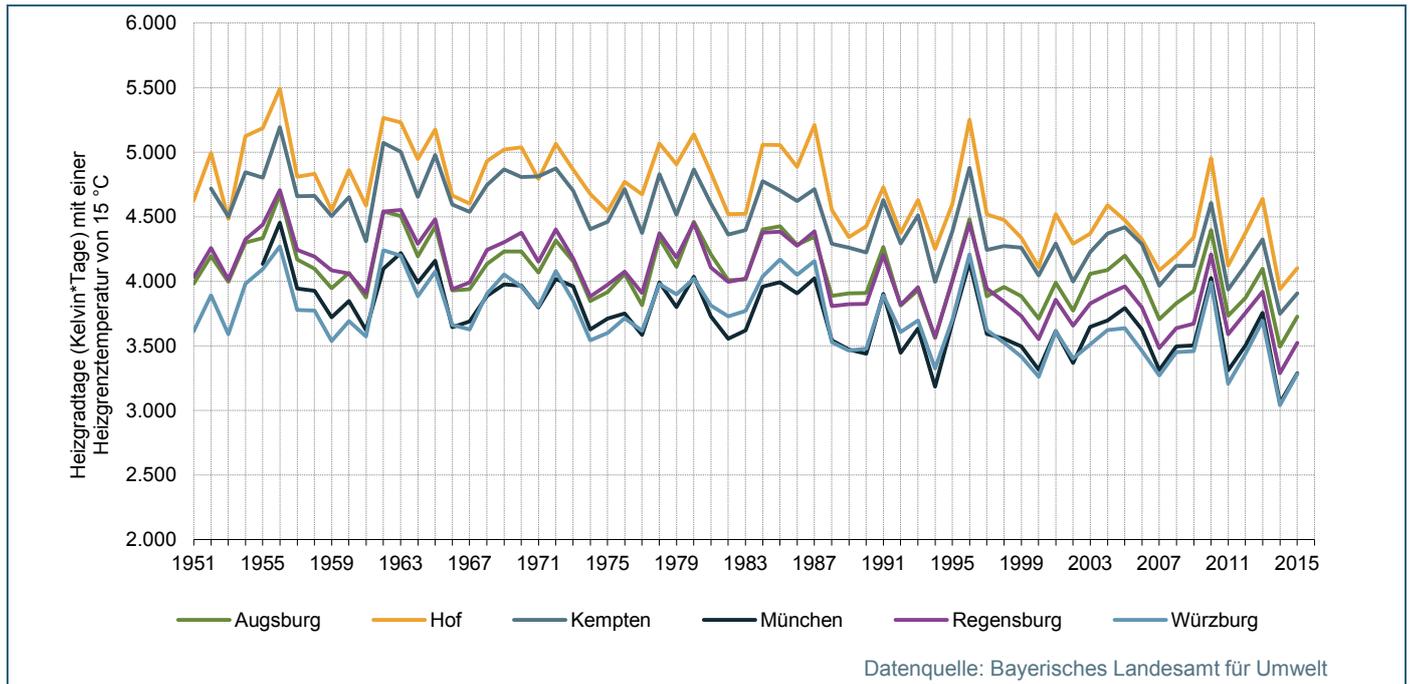


Abb. 1: Indikator I – Heizgradtage mit einer Heizgrenztemperatur von 15 °C

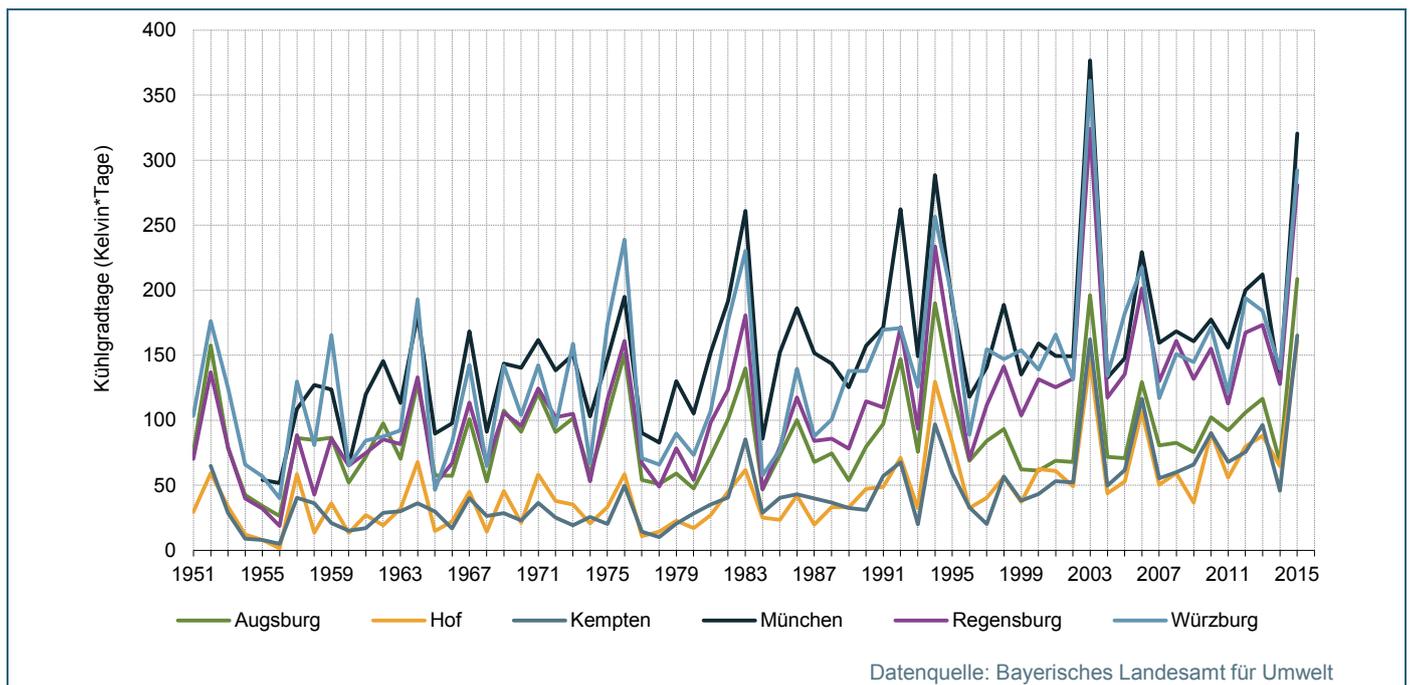


Abb. 2: Indikator II – Kühlgradtage

## 6 Glossar

### Gradtag

Ein Gradtag ist das Produkt aus einem Tag und der Differenz zwischen Heizgrenztemperatur bzw. Kühlgrenztemperatur und der an diesem Tag geltenden Tagesmitteltemperatur. Die Gradtage eines Betrachtungszeitraums sind die Summe aller einzelnen (diskreten) Gradtage innerhalb des Betrachtungszeitraums. (Einheit: K\*d)

## Heizgradtage

Jahressumme der Temperaturdifferenzen zwischen dem Basiswert der Außenlufttemperatur für Heiztage (12 bzw. 15 °C) und dem Tagesmittelwert der Außenlufttemperatur, gerechnet über alle Heiztage eines Kalenderjahres.

## Heizgrenztemperatur

Die Heizgrenztemperatur ist der Wert der Tagesmitteltemperatur, unterhalb welchem rechnerisch nach der Gradtagmethode Heizen erforderlich ist, um die geforderte Rauminnentemperatur zu erreichen. Sie ist u. a. abhängig von der Dämmung des Gebäudes und seiner tatsächlichen Innenraumtemperatur.

## Heiztag 12

Tage, deren Tagesmitteltemperatur unter der Heizgrenztemperatur von 12 °C liegt. Es handelt sich um einen Rechenwert.

## Heiztag 15

Tage, deren Tagesmitteltemperatur unter der Heizgrenztemperatur von 15 °C liegt. Es handelt sich um einen Rechenwert.

## Kühlgradtage

Jahressumme der Temperaturdifferenzen zwischen dem Tagesmittelwert der Außenlufttemperatur und dem Basiswert der Außenlufttemperatur für Kühltag (18,3 °C), gerechnet über alle Kühltag eines Kalenderjahres.

## Kühltag

Tage, deren Tagesmitteltemperatur über der Kühlgrenztemperatur von 18,3 °C liegt. Es handelt sich um einen Rechenwert.

## 7 Weiterführende Literatur

- BayStMUV – Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (Hrsg.) 2016: Bayerische Klima-Anpassungsstrategie. München, 218 S.
- Bux K. 2006: Klima am Arbeitsplatz – Stand arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse – Bedarfsanalyse für weitere Forschungen. Abschlussbericht zum Projekt „Klima am Arbeitsplatz – Stand arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse sowie Bedarfsanalyse für weitere Forschung, Regelung und Normung“ - Projekt F 1987 - der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. 1. Auflage, Dortmund, 33 S.
- Matzarakis A., Thomsen F., Mayer H. 2009: Klimawandel und Heizgradtage in Freiburg im Breisgau, Südwestdeutschland. In: Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 69 (2009) Nr. 7/8: 319-324.
- StMWi – Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie (Hrsg.) 2016: Bayerisches Energieprogramm für eine sichere, bezahlbare und umweltverträgliche Energieversorgung, München, 72 S.
- VDI – Verein Deutscher Ingenieure 2007: Richtlinie VDI 4710. Meteorologische Daten in der technischen Gebäudeausrüstung. Gradtage.
- VDI – Verein Deutscher Ingenieure 2013: Richtlinie VDI 3807. Verbrauchskennwerte für Gebäude. Grundlagen.



Indikatoren-Kennblatt zum Klimafolgenmonitoring

## I-EW-2 Wetterbedingte Unterbrechungen der Stromversorgung

### 1 Basisinformationen

Verfasser	Bosch & Partner GmbH: Stefan v. Andrian-Werburg
Zuständigkeit	Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Letzte Aktualisierung	20.03.2017
Nächste Fortschreibung	

### 2 Einordnung und Berechnung

Handlungsfeld	Energiewirtschaft	
Kategorie	Impact	
Indikationsfeld	Energieinfrastruktur (BayKLAS-Thema: Energieversorgung)	
Thematischer Teilaspekt	Direkte Beeinträchtigung des Betriebs von Anlagen und Einrichtungen zum Energietransport und zur Energieversorgung	
Kurzbeschreibung des Indikators (Einheit)	Teil A	Anteil der Schadenskategorien Höhere Gewalt und Atmosphärische Einwirkungen an der durchschnittlichen kumulierten Unterbrechungshäufigkeit der Stromversorgung (in Anlehnung an SAIFI) aufgrund von ungeplanten Versorgungsunterbrechungen (Niederspannung) (Prozent, %)
	Teil B	Anteil der Schadenskategorien Höhere Gewalt und Atmosphärische Einwirkungen an der durchschnittlichen kumulierten Unterbrechungshäufigkeit der Stromversorgung (in Anlehnung an SAIFI) aufgrund von ungeplanten Versorgungsunterbrechungen (Mittelspannung) (Prozent, %)
	Zusatz zu Teil A	Durchschnittliche kumulierte Unterbrechungshäufigkeit der Stromversorgung je 1.000 angeschlossenen Kunden (in Anlehnung an SAIFI) nach Schadenskategorien Höhere Gewalt und Atmosphärische Einwirkungen (Niederspannung) (Anzahl je 1.000 Kunden)
	Zusatz zu Teil B	Durchschnittliche kumulierte Unterbrechungshäufigkeit der Stromversorgung je installierter Scheinleistung (in Anlehnung an SAIFI) nach Schadenskategorien Höhere Gewalt und Atmosphärische Einwirkungen (Mittelspannung) (Anzahl je installierter Scheinleistung (MVA))
Berechnungsvorschrift	Teil A	Anteil der Schadenskategorien Höhere Gewalt und Atmosphärische Einwirkungen (Niederspannung) = Summe der ungeplant unterbrochenen Kunden in den Schadenskategorien Höhere Gewalt und Atmosphärische

		Einwirkungen / Anzahl aller ungeplant unterbrochenen Kunden der Stromversorgung * 100
	Teil B	Anteil der Schadenskategorien Höhere Gewalt und Atmosphärische Einwirkungen (Mittelspannung) = Summe der ungeplant unterbrochenen Kunden in den Schadenskategorien Höhere Gewalt und Atmosphärische Einwirkungen / Anzahl aller ungeplant unterbrochenen Kunden der Stromversorgung * 100
	Zusatz zu Teil A	Anteil der Schadenskategorien Höhere Gewalt und Atmosphärische Einwirkungen (Niederspannung) = Summe der ungeplant unterbrochenen Kunden in den Schadenskategorien Höhere Gewalt und Atmosphärische Einwirkungen / Anzahl der angeschlossenen Kunden / 1.000
	Zusatz zu Teil B	Durchschnittliche kumulierte Unterbrechungshäufigkeit der Stromversorgung (Mittelspannung) = Summe aller Kundenunterbrechungen in den Schadenskategorien Höhere Gewalt und Atmosphärische Einwirkungen / installierte Bemessungsscheinleistung
Verständnis des Indikatorwerts	Teile A, B	Je höher der Indikatorwert, desto höher ist die relative Bedeutung der Schadenskategorien Höhere Gewalt und Atmosphärische Einwirkungen an der Häufigkeit von Unterbrechungen der Stromversorgung in der Nieder- bzw. Mittelspannung.
	Zusätze zu den Teilen A und B	Je höher der Indikatorwert, desto höher ist die Häufigkeit von Unterbrechungen der Stromversorgung durch die Schadenskategorien Höhere Gewalt und Atmosphärische Einwirkungen in der Nieder- bzw. Mittelspannung.

### 3 Begründung und Interpretation

Begründung	<p>Für die Zukunft ist eine Zunahme von Extremwetterereignissen (Stürme, Eislasten, Blitzschlag etc.) zu erwarten, die zu einer erhöhten Gefährdung von Leitungsnetzen und damit zu einer Gefährdung der Elektrizitätsübertragung und -verteilung führen können. Auch wenn ein direkter Zusammenhang von häufigeren bzw. intensiveren Sturmereignissen zum Klimawandel nicht zweifelsfrei nachgewiesen ist, so haben doch in Deutschland seit den 1970er-Jahren Versorgungsausfälle durch wind- und blitzbedingte Störungen insgesamt zugenommen (Umweltbundesamt KomPass 2011). Vor allem die Betroffenheit der oberirdischen Stromnetze kann dabei zu einer Häufung von Versorgungsunterbrechungen führen.</p> <p>Gemäß der Anreizregulierungsverordnung (ARegV) ist die Häufigkeit von Unterbrechungen der Energieversorgung neben deren Dauer eine der wesentlichen Komponenten der Netzverlässlichkeit. Daher erscheint es mit Blick auf z. B. die wirtschaftlichen Auswirkungen häufigerer Versorgungsunterbrechungen sinnvoll, diese mögliche Klimawandelfolgewirkung separat zu beobachten und mit einem Indikator abzubilden.</p> <p>Für den Indikator werden Daten der Bundesnetzagentur (BNetzA) zu den Unterbrechungen der Stromversorgung verwendet. Die BNetzA wertet dazu die von den Versorgungsnetzbetreibern aufgrund der Meldeverpflichtung nach EnWG übermittelten Meldungen von Unterbrechungen größer drei Minuten aus. Um die notwendigen Beurteilungsgrößen zu berechnen, werden die gemeldeten und nach geplant (Reparaturen, Zählerwechsel, Abschaltung im Rahmen von Bauarbeiten ...) und ungeplant (Einwirkung Dritter (Bagger), Unterbrechungen in Zuständigkeit der Netzbetreiber (interne Falschbedienung), Rückwirkungen aus dem vorgelagerten Netz, Atmosphärische Einwirkungen sowie höhere Gewalt) kategorisierten Unterbrechungen durch die Bundesnetzagentur ausgewertet (FNN 2014). Höhere Gewalt wird dabei gemäß einem Urteil des BGH definiert (BNetzA 2011) und umfasst z. B. Terrorismus (bisher noch nie gemeldet), Erdbeben, schwere Stürme, Abschaltung auf Anordnung von Behörden zum Schutz der öffentlichen Sicherheit etc. Für die Zuordnung von Unterbrechungsursachen zur Schadenskategorie Höhere Gewalt wird eine Plausibilisierung der Angaben der Versorgungsnetzbetreiber durch die BNetzA vorgenommen (Mitteilung der BNetzA vom 27.07.2012). Zusammenfassend ist zur Datenlage festzuhalten, dass die Daten zu Unterbrechungen aus einer gesetzlichen Verpflichtung heraus durch eine öffentliche Stelle erhoben, verwaltet und</p>
------------	--

	<p>ausgewertet werden und somit eine gesicherte Datenverfügbarkeit gegeben ist.</p> <p>Die Indikatordefinition lehnt sich dazu an die international zur Darstellung der Netzzuverlässigkeit übliche Qualitätsgröße SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) an, die als durchschnittliche kumulierte Unterbrechungshäufigkeit je angeschlossenem Kunden definiert ist (E-Bridge Consulting GmbH et al. 2006). In Abwandlung des SAIFI werden für die Interpretation im Zusammenhang mit dem Klimawandel nur die Schadenskategorien „Atmosphärische Einwirkungen“ und „Höhere Gewalt“ verwendet. Insofern handelt es sich bei dem Indikator nicht um eine direkte Übernahme des SAIFI, sondern um eine eigene Datenaufbereitung mit Bezug auf diese Schadenskategorien durch die Bundesnetzagentur. Dabei wird davon ausgegangen, dass Schadensereignisse der Höheren Gewalt in der Regel im Zusammenhang mit wetter- bzw. witterungsbedingten Naturkatastrophen stehen, sodass nur eine geringe Unschärfe durch andere Ursachen entsteht. (vgl. DAS-Indikator-Factsheet EW-I-1)</p> <p>Der Indikator zeigt die Entwicklung der Unterbrechungshäufigkeit der Stromversorgung an und reagiert grundsätzlich sowohl auf eine Zunahme von Extremereignissen (Wirkungsseite) als auch auf die Ergreifung von Maßnahmen für eine Erhöhung der Versorgungszuverlässigkeit. Der Indikator ist auf das Nieder- und Mittelspannungsnetz bezogen. Die Daten zur Häufigkeit der Unterbrechungen liegen dabei mit unterschiedlichen Bezugsgrößen vor, in der Mittelspannung je installierter Scheinleistung, in der Niederspannung je angeschlossenem Kunden. Sie können daher nicht miteinander verrechnet werden. Im Indikator müssen daher beide Spannungsebenen getrennt dargestellt werden. (vgl. DAS-Indikator-Factsheet EW-I-1)</p> <p>Die Hoch- und Höchstspannungsebene werden analog zu den internationalen Regularien für die Berechnung der Qualitätsgrößen nicht berücksichtigt. Das Auftreten von Schadensereignissen in diesen Netzebenen weist im Gegensatz zur Nieder- und Mittelspannungsebene eine sehr stochastische Verteilung auf und lässt sich hinsichtlich seiner Entwicklung nicht zuverlässig interpretieren. Informationen zu diesen Schadensereignissen werden von den Behörden weder für eine Bewertung herangezogen noch gesondert veröffentlicht (BNetzA 2010).</p>
Schwächen	<p>Der Indikator wird bezogen auf ganz Bayern berechnet. Regionale Unterschiede der Betroffenheit, z. B. durch räumlich begrenzt auftretende Extremereignisse, bilden sich aufgrund der räumlichen Aggregation nicht ab.</p> <p>Es ist zudem zu beachten, dass die Daten zu den Versorgungsunterbrechungen bezogen auf die Netzgebiete der Verteilnetzbetreiber erfasst werden. Die Abgrenzung der Netzgebiete ist nicht an Verwaltungsgrenzen ausgerichtet. Die Bundesnetzagentur bekommt die Daten der Versorgungsunterbrechungen von den jeweiligen Netzbetreibern gemeldet, die Zuordnung erfolgt nach dem Firmensitz des Netzbetreibers. Das bedeutet, Versorgungsunterbrechungen können nicht exakt dem jeweiligen Bundesland zugeordnet werden, z. B. wenn das Netzgebiet eines Verteilnetzbetreibers Teilgebiete in mehreren Bundesländern umfasst, werden die Versorgungsunterbrechungen dem Bundesland zugeordnet, in dem sich der Firmensitz des Netzbetreibers befindet. Bei der Betrachtung der Anzahl der betroffenen Kunden ergeben sich daher Unschärfen für die Interpretation des Indikators.</p> <p>Der Indikator ist nur auf das Nieder- und Mittelspannungsnetz bezogen. Diese Netze sind in Bayern zu rund 90 % (Niederspannungsnetz) bzw. 67 % (Mittelspannungsnetz) der Stromkreislänge verkabelt. Sie bieten damit grundsätzlich weniger Angriffspunkte für wetterbedingte Störungen im Vergleich zum Hoch- und Höchstspannungsnetz, die in großen Teilen als Freileitungen ausgeführt sind, das Hochspannungsnetz z. B. zu 93 %. Unterbrechungen auf der Hoch- und Höchstspannungsebene, für die aufgrund der oberirdischen Leitungsführung eine grundsätzlich höhere Gefährdung besteht und die ggf. auch in der Öffentlichkeit eine größere Aufmerksamkeit erfahren, werden durch den Indikator also nicht erfasst. In der Störungsstatistik der BNetzA für das Mittel- und Niederspannungsnetz werden sie ggf. als Rückwirkungen aus dem vorgelagerten Netz erfasst, aber nicht den wetter- und witterungsbedingten Ursachen zugeordnet. (vgl. DAS-Indikator-Factsheet EW-I-1)</p> <p>Die im Indikator verwendeten Begrifflichkeiten sind erklärungsbedürftig. Der Indikator ist daher nicht spontan verständlich.</p>

Referenzen auf andere Indikatoren-systeme	Klimafolgenmonitoring des Bundes: EW-I-1 Wetterbedingte Unterbrechungen der Stromversorgung Klimafolgenmonitoring Baden-Württemberg: I-WE-2 Wetterbedingte Unterbrechungen der Stromversorgung Klimafolgenmonitoring Thüringen: I-EW-2 Wetterbedingte Unterbrechungen der Stromversorgung
In der BayKLAS beschriebene Klimawandel-folgen	Auch können durch Hochwasser Kabeltrassen freigespült und Schäden an Masten und Anlagen verursacht werden. (S. 152) Neben steigenden Temperaturen und einem veränderten Niederschlagsregime werden auch durch Extremereignisse wie Stürme, Gewitter oder Dürren höhere Anforderungen an den Energiesektor gestellt. Seit den 1970er Jahren haben Versorgungsausfälle durch wind- und blitzbedingte Störungen zugenommen (UBA 2011b). Des Weiteren können durch Hitze und Trockenheit Übertragungskapazitäten von Erdkabeln und Freileitungen reduziert werden. (S. 153)
Zielbezüge, Maßnahmen	Vielfältige dezentrale Energieerzeugung, um Risiken bei der Verteilung zu vermindern (EW_02) Ausreichende Redundanzen in der Energieerzeugung (Erzeugung und Netze), um klimabedingte Leistungsausfälle oder Lastspitzen kompensieren zu können (EW_03) Schutz der Anlagen vor Extremereignissen z. B. durch eine hochwassersichere Ausrüstung und Gestaltung des Abwassernetzes (EW_08)
Berichtspflichten	Derzeit keine

#### 4 Technische Informationen

Datenquelle	Teile A, B, Zusätze	Bundesnetzagentur (BNetzA): Störungsstatistik
Räumliche Auflösung	Teile A, B, Zusätze	NUTS 1
Geografische Abdeckung	Teile A, B, Zusätze	Ganz Bayern
Zeitliche Auflösung	Teile A, B, Zusätze	Ab 2007, jährlich
Beschränkungen, Datenkosten	Bislang keine Beschränkungen	
Aufwand	Ca. 2 Stunden für die Datenfortschreibung	

## 5 Darstellung

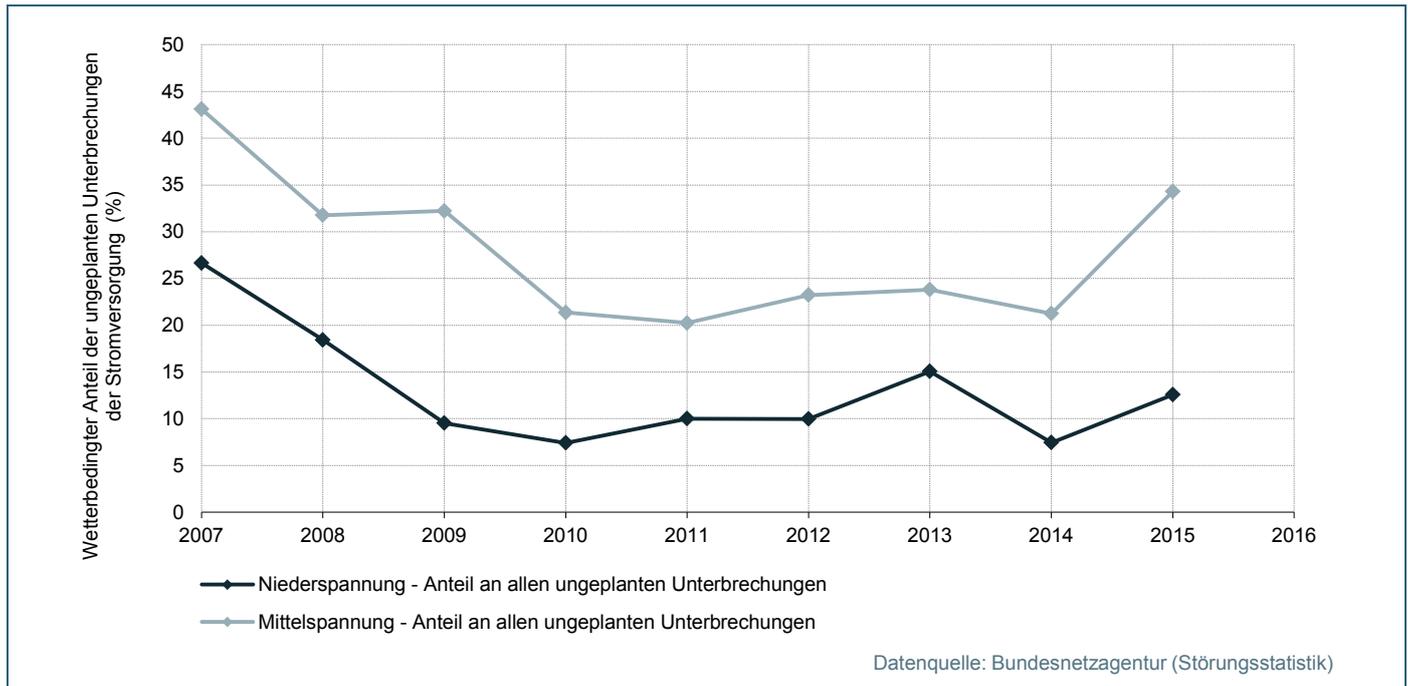


Abb. 1: Indikator – Wetterbedingte Unterbrechungen der Stromversorgung – Anteil an allen ungeplanten Unterbrechungen

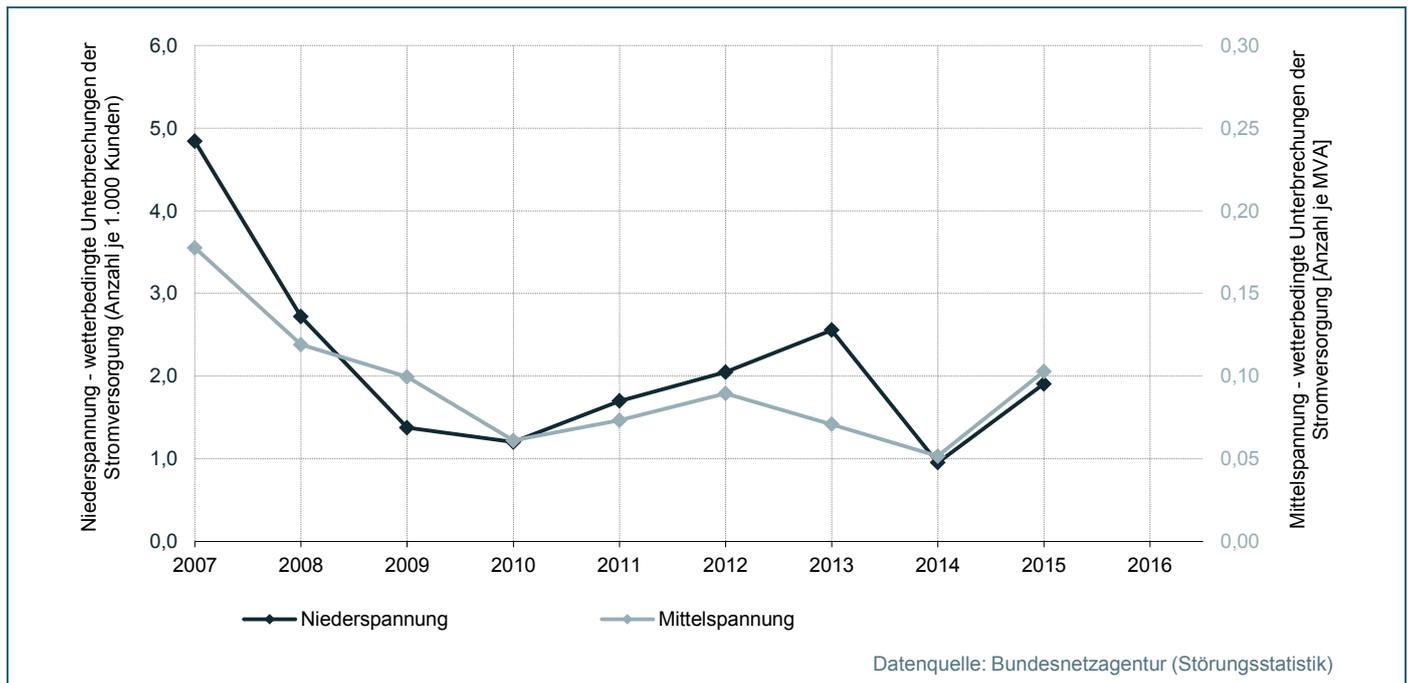


Abb. 2: Indikator-Zusatz – Wetterbedingte Unterbrechungen der Stromversorgung – Anzahl der wetterbedingten Unterbrechungen

## 6 Glossar

### Bemessungsscheinleistung

Diese ist definiert als die geometrische Summe aus Wirkleistung  $P$  und Blindleistung  $Q_{ges}$  (nicht zur tatsächlichen Leistung beitragender Energiefluss). Einheit: MVA = MegaVoltAmpere. Elektrische Betriebsmittel, die Leistung übertragen, wie Transformatoren oder elektrische Leitungen, müssen entsprechend der übertragbaren Scheinleistung ausgelegt sein.

## SAIFI

Der System Average Interruption Frequency Index (SAIFI) zeigt, wie oft die Stromverfügbarkeit je Netzkunde und Jahr durchschnittlich unterbrochen ist.

## Störung

Unter Störung wird die Änderung des normalen Betriebszustands eines Elektrizitätsnetzes verstanden.

## Übertragungsnetz

Das Übertragungsnetz dient der Übertragung elektrischer Energie zu nachgeordneten Verteilernetzen und beschränkt sich auf die Spannungsebenen 220 und 380 kV.

## Unterbrechung

Unterbrechungen sind Kundenunterbrechungen mit einer Dauer von länger als drei Minuten.

## Verteilernetz

Das Verteilernetz dient der Verteilung elektrischer Energie innerhalb einer begrenzten Region zur Versorgung von Stationen und Kundenanlagen.

## 7 Weiterführende Literatur

- DAS-Indikator-Factsheet EW-I-1 Wetterbedingte Unterbrechungen der Stromversorgung:  
[www.umweltbundesamt.de/ew-i-1-2-das-indikatoren](http://www.umweltbundesamt.de/ew-i-1-2-das-indikatoren)
- ARegV – Anreizregulierungsverordnung (Verordnung über die Anreizregulierung der Energieversorgungsnetze) vom 29. Oktober 2007 (BGBl. I S. 2529), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 14. September 2016 (BGBl. I S. 2147)
- BNetzA – Bundesnetzagentur 2006: Bericht der Bundesnetzagentur nach § 112a EnWG zur Einführung der Anreizregulierung nach § 21a EnWG. Bonn, 30.06.2006, 316 S.  
[www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen\\_Institutionen/Netzentgelte/Anreizregulierung/BerichtEinfuehrgAnreizregulierung.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/Netzentgelte/Anreizregulierung/BerichtEinfuehrgAnreizregulierung.pdf?__blob=publicationFile&v=3)
- BNetzA 2010: Eckpunktepapier zur Ausgestaltung des Qualitätselements Netzzuverlässigkeit Strom im Rahmen der Anreizregulierung. Konsultationsfassung mit Stand vom 15.12.2010, 16 S.  
[www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/BNetzA/Sachgebiete/Energie/Konsultationen/AbgelaueneKonsultationen/QualitaetsRegStromNetzzuverlaessigkeitAnreizreg/Eckpunktepapier101220\\_pdf.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/BNetzA/Sachgebiete/Energie/Konsultationen/AbgelaueneKonsultationen/QualitaetsRegStromNetzzuverlaessigkeitAnreizreg/Eckpunktepapier101220_pdf.pdf?__blob=publicationFile)
- BNetzA 2011: Hinweise zur Zuordnung von Versorgungsunterbrechungen zum Störungsanlass Höhere Gewalt im Rahmen der Datenerhebung zur Bestimmung des Qualitätselementes hinsichtlich der Netzzuverlässigkeit Strom nach den §§ 19 und 20 ARegV. Bonn, 21.04.2011, 4 S.  
[www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen\\_Institutionen/Netzentgelte/Strom/Qualitaetselement/HinweiseHoehereGewalt.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/Netzentgelte/Strom/Qualitaetselement/HinweiseHoehereGewalt.pdf?__blob=publicationFile&v=2)
- E-Bridge Consulting GmbH, The Brattle Group Ltd., ECgroup 2006: 4. Referenzbericht Anreizregulierung – Konzept einer Qualitätsregulierung. Studie im Auftrag der Bundesnetzagentur. Bonn, 44 S.  
[www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen\\_Institutionen/Netzentgelte/Anreizregulierung/4\\_ReferenzberichtAnreizregulierung.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/Netzentgelte/Anreizregulierung/4_ReferenzberichtAnreizregulierung.pdf?__blob=publicationFile&v=1)
- FNN – Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE 2014: Störungs- und Verfügbarkeitsstatistik – Anleitung – Systematische Erfassung von Störungen und Versorgungsunterbrechungen in elektrischen Energieversorgungsnetzen und deren statistische Auswertung. 7. Ausgabe vom Dezember 2014. Berlin, 285 S.
- Ottenschläger L. 2006: Elektrizitätsversorgung und Klimaänderung – Eine Untersuchung über die Struktur und Verteilung wetterbedingter Störungen in deutschen Elektrizitätsnetzen im Zuge rezenter Klimatrends. Diplomarbeit am Institut für Geographie und Geoökologie der Universität Karlsruhe (TH), 188 S., unveröffentlicht.

- Umweltbundesamt KomPass (2011): Themenblatt: Anpassung an den Klimawandel. Energiewirtschaft.  
[www.umweltbundesamt.de/publikationen/anpassung-an-den-klimawandel-energiewirtschaft](http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/anpassung-an-den-klimawandel-energiewirtschaft)



Indikatoren-Kennblatt zum Klimafolgenmonitoring

## R-IG-1 Wasseraufkommen und -intensität

### 1 Basisinformationen

Verfasser	Bosch & Partner GmbH: Mareike Buth
Zuständigkeit	Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Letzte Aktualisierung	13.03.2017
Nächste Fortschreibung	

### 2 Einordnung und Berechnung

Handlungsfeld	Industrie und Gewerbe	
Kategorie	Response	
Indikationsfeld	Sicherung der Versorgungssicherheit (BayKLAS-Thema: Industrie und Gewerbe)	
Thematischer Teilaspekt	Wasserversorgung	
Kurzbeschreibung des Indikators (Einheit)	Teil A	Wasseraufkommen des Papiergewerbes und bei der Herstellung von chemischen und pharmazeutischen Erzeugnissen (Millionen Kubikmeter, Mio. m <sup>3</sup> )
	Teil B	Wasserintensität des Papiergewerbes und der Herstellung von chemischen und pharmazeutischen Erzeugnissen (Kubikmeter je Tausend Euro, m <sup>3</sup> /1.000 €)
Berechnungsvorschrift	Teil A	Wasseraufkommen des Papiergewerbes: direkte Übernahme der Daten Wasseraufkommen bei der Herstellung von chemischen und pharmazeutischen Erzeugnissen = Wasseraufkommen bei der Herstellung von chemischen Erzeugnissen + Wasseraufkommen bei der Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen (ab 2008; bis 2007 auch hier direkte Übernahme der Daten)
	Teil B	Wasserintensität des Papiergewerbes = Wasseraufkommen der Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus * 1.000.000 / Bruttowertschöpfung der Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus Wasserintensität der Herstellung von chemischen und pharmazeutischen Erzeugnissen = (Wasseraufkommen bei der Herstellung von chemischen Erzeugnissen + Wasseraufkommen bei der Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen) * 1.000.000 / (Bruttowertschöpfung der Herstellung von chemischen Erzeugnissen + Bruttowertschöpfung der Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen)
Verständnis des	Teil A	Je höher der Indikatorwert, desto höher ist das Wasseraufkommen der Industriezweige.

Indikatorwerts	Teil B	Je höher der Indikatorwert, desto höher ist die Wasserintensität der Industriezweige, also die Menge Wasser, die sie pro erwirtschaftetem Euro aufwenden.
----------------	--------	---

### 3 Begründung und Interpretation

Begründung	<p>Im Zusammenhang mit dem Klimawandel wird erwartet, dass Trocken- und Hitzephasen häufiger, intensiver und länger auftreten können. Die Temperaturen in Oberflächengewässern können daher langfristig in den Sommermonaten zu- und die Abflussmengen von Fließgewässern sowie die Grundwasserverfügbarkeit abnehmen. Daraus folgt, dass der Klimawandel die Wasserverfügbarkeit für Unternehmen auf verschiedene Weise beeinflussen kann. In Regionen, in denen weniger Wasser zur Verfügung steht, kann die Konkurrenz der verschiedenen Wassernutzer zunehmen, wobei ein wirklicher Wassermangel für Deutschland nicht erwartet wird. In heißen Sommern können die Verfügbarkeit von Kühlwasser und das Recht, gebrauchtes und dadurch erwärmtes Kühlwasser in Gewässer einzuleiten im Sinne des Gewässerschutzes eingeschränkt werden. In den heißen Sommern der Jahre 2003 und 2006 kam es durch langanhaltende Hitze und Trockenheit bereits an verschiedenen Gewässern (wie Rhein oder Elbe) zur Beschränkung von Wärmeeinleitungen, die Probleme mit der Kühlwasserversorgung zur Folge hatten. Dies betraf v. a. thermische Kraftwerke und daher in besonderem Maß die Energiewirtschaft. Wärmeeinleitungen von Industriebetrieben sind aber prinzipiell durch die gleichen Vorschriften geregelt und die Anzahl von Genehmigungen für die Wärmeeinleitung in bestimmte Gewässerabschnitte ist begrenzt. Damit war verbunden, dass auch Industriebetriebe ihre Produktion und damit ihre Wärmeeinleitungen zurück fahren mussten (vgl. IKS-R 2006: 3 und DAS-Indikator-Factsheet IG-R-1). Darüber hinaus kann der Klimawandel die Wasserqualität beeinflussen, z. B. wenn aufgrund höherer Temperaturen mehr Wasser verdunstet und die im Wasser gelösten Stoffe daher in höherer Konzentration auftreten oder wenn Wärme das Wachstum von Organismen im Wasser fördert. Dies ist besonders für Industriezweige relevant, die auf hohe Wasserqualitäten angewiesen sind, wie die pharmazeutische Industrie oder das Ernährungsgewerbe.</p> <p>Angesichts der skizzierten möglichen und teilweise schon auftretenden Einschränkungen können Industrieprozesse u. a. dann als angepasst an mögliche Klimawandelfolgen angesehen werden, wenn sie möglichst unabhängig von der Ressource Wasser sind. D. h. sie kommen mit einem möglichst geringen Einsatz von Wasser als Roh- oder Betriebsstoff aus und nutzen das entnommene oder bezogene Wasser möglichst effizient. Ein abnehmender Wassereinsatz sowie eine Verringerung der Wasserintensität können daher ein Hinweis auf eine zunehmende Anpassung an den Klimawandel sein. Beispiele für mögliche Maßnahmen zur Reduzierung des Wasserverbrauchs sind innerbetriebliches Wassermanagement und Kreislaufwasserbehandlung. Wichtiger Ansatzpunkt für das Verarbeitende Gewerbe ist dabei vor allem der sparsame Einsatz von Kühlwasser in Produktionsprozessen und bei der unternehmensinternen Stromerzeugung, denn die Kühlwassernutzung macht etwa drei Viertel der gesamten Wassernutzung des Sektors aus. Hinzu kommt, dass vor allem die Wasserentnahme für Kühlzwecke sowie die Einleitung von Kühlwasser temperaturbezogenen Regelungen unterliegen, die zu Einschränkungen der Produktion führen können. Die Entnahme von Wasser für produktionsspezifische oder belegschaftsbezogene Zwecke ist weniger temperaturabhängig. Eine größere Wasserunabhängigkeit kann aber auch hier bei einer regional möglicherweise zunehmenden Wasserknappheit eine sinnvolle Anpassungsmaßnahme sein. (vgl. DAS-Indikator-Factsheet IG-R-1)</p> <p>Der Indikator zeigt das Wasseraufkommen und die Wasserintensität zweier Wirtschaftszweige mit besonders hohem Wasserverbrauch: des Papiergewerbes und der chemischen Industrie. Das Papiergewerbe nutzte in Bayern im Jahr 2013 16 % des Wasseraufkommens im verarbeitenden Gewerbe. Bei der chemischen Industrie waren es sogar rund 50 %. Für die Herstellung pharmazeutischer Erzeugnisse, die der Indikator mit der chemischen zusammen betrachtet, wurden hingegen nur 761.000 m<sup>3</sup> Wasser aufgewendet. Das entspricht ca. 0,1 % des Wasseraufkommens des verarbeitenden Gewerbes in Bayern. Vom Bedarf besonders reinen Wassers abgesehen, wurde die Herstellung pharmazeutischer Erzeugnisse auch deshalb in den Indikator integriert, weil ihre Statistik bis einschließlich 2007 zusammen mit der</p>
------------	--

	<p>chemischen Industrie erhoben wurde. Im Jahr 2008 erfolgte eine Neudefinition der Wirtschaftszweige in der amtlichen Statistik, in deren Rahmen die Betrachtung der chemischen und der pharmazeutischen Industrie getrennt wurde.</p> <p>Die Neudefinition der Wirtschaftszweige ist auch Grund dafür, dass die Herstellung von Nahrungsmitteln nicht in den Indikator integriert werden konnte. Während die Daten des Jahres 2007 noch die Tabakverarbeitung enthalten, ist diese inzwischen ein eigener Wirtschaftszweig, für den keine Daten zur Verfügung stehen. Im Jahr 2013 war die Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln für 9 % des Wasseraufkommens des verarbeitenden Gewerbes in Bayern verantwortlich. Damit hat dieser Industriezweig hinter dem Papiergewerbe und der chemischen Industrie das drittgrößte Wasseraufkommen.</p> <p>Dass zusätzlich zum Wasseraufkommen auch die Wasserintensität Teil des Indikators ist, liegt darin begründet, dass das Wasseraufkommen auch dann sinken könnte, wenn die Produktion rückläufig wäre. Dies könnte aber nicht als Anpassung gewertet werden. Eine Anpassung findet nur dann statt, wenn das Wasseraufkommen trotz gleichbleibender oder steigender Produktion sinkt, also die Effizienz der Wassernutzung steigt. Dies bildet die Wasserintensität ab, indem sie das Wasseraufkommen der Bruttowertschöpfung gegenüberstellt.</p>
Schwächen	<p>Der Indikator könnte auch durch Prozesse positiv beeinflusst werden, die im Sinne der nachhaltigen Entwicklung negativ zu bewerten sind. Eine Abnahme des Indikatorwerts ist also nicht zweifelsfrei als grundsätzlich positive Entwicklung zu interpretieren. Dies kann bei Verlagerungen von wasserintensiven Produktionsteilen ins Ausland der Fall sein, die in der Regel die Wasserintensität positiv beeinflussen werden, obwohl davon auszugehen ist, dass die Wasserverfügbarkeit in Deutschland deutlich besser ist als in vielen anderen Ländern. (vgl. DAS-Indikator-Factsheet IG-R-1)</p> <p>Die Neudefinition der Wirtschaftszweige im Jahr 2008 hat die Abgrenzung der Chemieindustrie leicht verändert. Während 2007 die Herstellung von unbespielten Ton-, Bild- und Datenträgern (WZ 2003: 24.65.0; WZ 2008: 26.80.0) noch zur Herstellung von chemischen Erzeugnissen (WZ 2003: 24; WZ 2008: 20) zählte, wird sie ab 2008 der Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen (WZ 2008: 26) zugeordnet.</p>
Referenzen auf andere Indikatoren-systeme	<p>Klimafolgenmonitoring des Bundes: IG-R-1 Wasserintensität des Verarbeitenden Gewerbes</p> <p>Klimafolgenmonitoring Baden-Württemberg: R-WE-1 Wasserbedarf der Wirtschaft zur Kühlung</p>
In der BayKLAS beschriebene Klimawandel-folgen	<p>Gleichzeitig ist eine zeitweilig geringere Verfügbarkeit von Wasser für industrielle Prozessabläufe und Kühlenergie während Trockenperioden zu erwarten. (S. 160)</p> <p>Mit Ausnahme weniger Einzelfälle kann die Wasserversorgung in Bayern nach den aktuellen Wasserversorgungsbilanzen großräumig als gesichert gelten. Dabei wird vorausgesetzt, dass der Vorrang der öffentlichen Wasserversorgung auch bei verstärkten Nutzungskonflikten zu anderen Handlungsfeldern vor allem in Zeiten geringer Niederschlagsmengen beachtet wird, wie beispielsweise bei der land- und forstwirtschaftlichen Bewässerung, der Kühlwasserversorgung oder der künstlichen Beschneigung →Land- und Forstwirtschaft, →Tourismus, →Energiewirtschaft, →Industrie und Gewerbe. (S. 38)</p>
Zielbezüge, Maßnahmen	<p>Unterstützung der Anpassung von Technologien und Produkten an veränderte Bedingungen bzgl. Strahlung, Wasser, Luft, Temperatur z. B. Auslegung Kühlsysteme, Speicher, Zuluft-Filter, UV-Resistenz etc. (IG_01)</p> <p>Durchführung ressourcenschonender Produktionsweisen durch Kreislaufwirtschaft wie z. B. Minimierung des Wasser- und Stromverbrauchs oder der Regenwassernutzung (IG_06)</p> <p>Anpassen der Kühlsysteme für den Betrieb von Industrieanlagen und weitestgehend Verzicht auf Kühlwasser, sofern bei medienübergreifender Betrachtung günstigere Alternativen zur Verfügung stehen (IG_10)</p>
Berichtspflichten	Derzeit keine

## 4 Technische Informationen

Datenquelle	Teil A	Bayerisches Landesamt für Statistik: Statistik der nichtöffentlichen Wasserversorgung und Abwasserentsorgung
	Teil B	Bayerisches Landesamt für Statistik: Statistik der nichtöffentlichen Wasserversorgung und Abwasserentsorgung und volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder
Räumliche Auflösung	Teil A	NUTS 1
	Teil B	NUTS 1
Geografische Abdeckung	Teil A	Ganz Bayern
	Teil B	Ganz Bayern
Zeitliche Auflösung	Teil A	Ab 2007, dreijährlich
	Teil B	Ab 2010, dreijährlich
Beschränkungen, Datenkosten	Keine	
Aufwand	Ca. 2 Std. für die Datenfortschreibung	

## 5 Darstellung

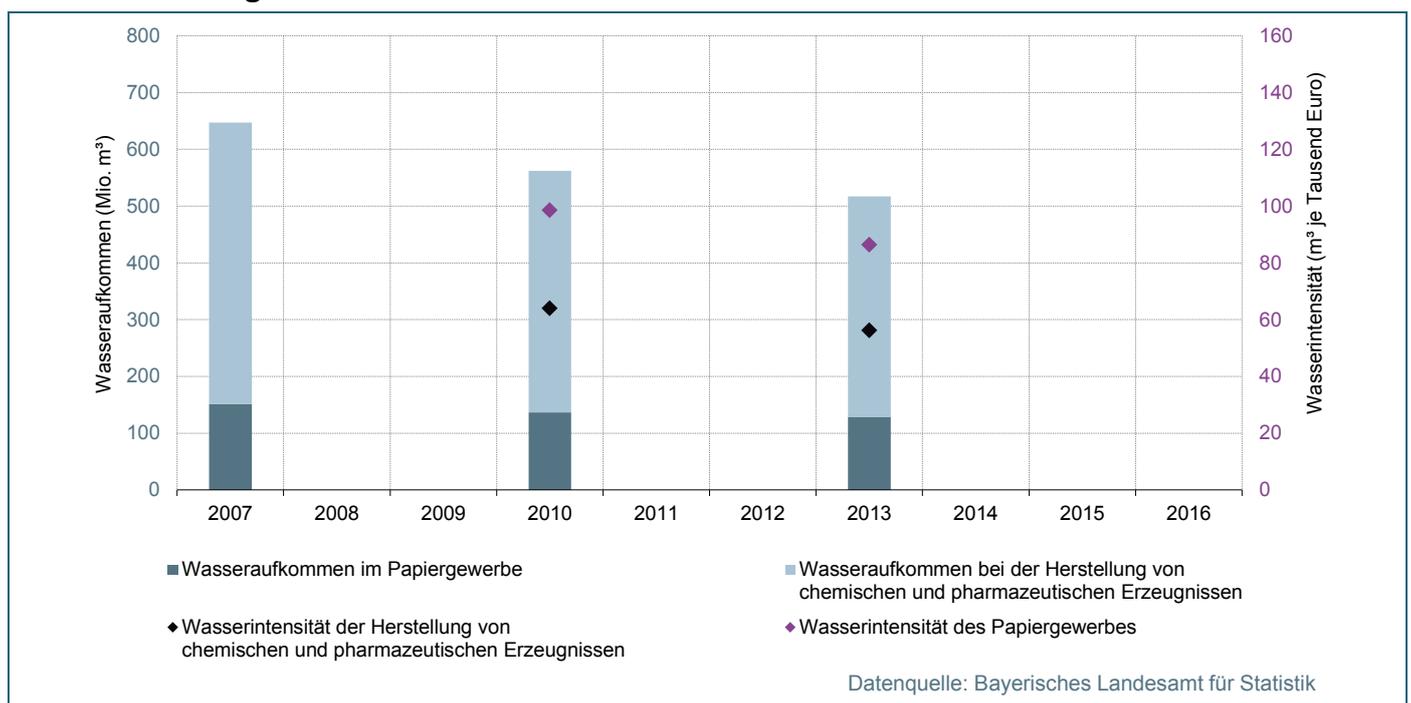


Abb. 1: Wasseraufkommen und -intensität des Papiergewerbes und der chemischen und pharmazeutischen Industrie

## 6 Weiterführende Literatur

- DAS-Indikatoren-Factsheet IG-R-1 Wasserintensität des Verarbeitenden  
bes: [www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/656/dokumente/ig-r-1\\_indikator\\_wasserintensitaet\\_verarbeitendes\\_gewerbe.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/656/dokumente/ig-r-1_indikator_wasserintensitaet_verarbeitendes_gewerbe.pdf)
- BayStMUV – Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (Hrsg.) 2016: Bayerische Klima-Anpassungsstrategie. München, 218 S.

- EEA – European Environment Agency 2010: Core Set of Indicators – Use of freshwater resources (CSI 018) – Assessment published Dec 2010. [www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/water-use-by-sectors](http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/water-use-by-sectors)
- IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins 2006: Maßnahmen bezogen auf die Wärmebelastung des Rheins in extremen Hitze- und Trockenperioden – Überblick und Zusammenstellung der Länderberichte. IKSR-Bericht Nr. 152d, 5 S. [www.iksr.org/uploads/media/IKSR-Bericht\\_Nr.\\_152d\\_01.pdf](http://www.iksr.org/uploads/media/IKSR-Bericht_Nr._152d_01.pdf)
- Informationsplattform Undine – Datengrundlagen zur Einordnung und Bewertung hydrologischer Extreme 2011: Das Niedrigwasser der Elbe im Sommer/Herbst 2003. [undine.bafg.de/servlet/is/12447/](http://undine.bafg.de/servlet/is/12447/)
- LWF – Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft 2012: Die Papierindustrie in Bayern. Energie- wende, Holzversorgung und Fachkräftesicherung sind drei große Herausforderungen für die bayerischen Papierfabriken. LWF aktuell 89/2012. S. 10-12.
- Statistisches Bundesamt 2008: Klassifikation der Wirtschaftszweige. Mit Erläuterungen. Wiesbaden, 828 S.
- VBCI und VCI – Verein der Bayerischen Chemischen Industrie und Verband der Chemischen Industrie Landesverband Bayern 2009: Jahresbericht 2008/2009. München, 10 S.



Anlage 2-25 zur Machbarkeitsstudie „Indikatoren für Klimafolgen und Klimaanpassung in Bayern“

Indikatoren-Kennblatt zum Klimafolgenmonitoring

## I-FI-1 Hagel- und Sturmschäden in der Verbundenen Wohngebäudeversicherung

### 1 Basisinformationen

Verfasser	Bosch & Partner GmbH: Konstanze Schönthaler
Zuständigkeit	Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Letzte Aktualisierung	23.08.2017
Nächste Fortschreibung	

### 2 Einordnung und Berechnung

Handlungsfeld	Finanzwirtschaft	
Kategorie	Impact	
Indikationsfeld	Risiken in der Banken- und Versicherungswirtschaft (BayKLAS-Thema: Finanzwirtschaft)	
Thematischer Teilaspekt	Zunahme von Versicherungsschäden – Sach- und Vermögensschäden	
Kurzbeschreibung des Indikators (Einheit)	Teil A	Schadenhäufigkeit in der privaten Verbundenen Wohngebäudeversicherung durch Sturm und Hagel (Prozent, %)
	Teil B	Schadensatz in der privaten Verbundenen Wohngebäudeversicherung durch Sturm und Hagel (Promille, ‰)
	Zusatz	Schadendurchschnitt in der privaten Verbundenen Wohngebäudeversicherung (Sturm und Hagel) (Euro)
Berechnungsvorschrift	Teil A	direkte Übernahme der Daten Schadenhäufigkeit = Anzahl der versicherten Schäden / hundert versicherte Risiken
	Teil B	direkte Übernahme der Daten Schadensatz = Schadenaufwand pro Jahr (Brutto-Aufwendungen für Versicherungsfälle des Geschäftsjahres) / Versicherungssumme
	Zusatz	direkte Übernahme der Daten Schadendurchschnitt = Brutto-Aufwendung für Versicherungsfälle / Zahl der Schäden

Verständnis des Indikatorwerts	Teil A	Je höher der Indikatorwert, desto mehr Schäden durch Sturm und Hagel treten auf.
	Teil B	Je höher der Indikatorwert, desto höher sind die Schadensaufwendungen im Vergleich zur Versicherungssumme.
	Zusatz	Je höher der Indikatorwert, desto höher sind die Schadensaufwendungen im Durchschnitt pro Versicherungsfall.

### 3 Begründung und Interpretation

Begründung	<p>Bisher gilt der Zusammenhang zwischen Klimawandel und steigenden Schäden durch Unwetter etc. noch nicht als gesichert, allerdings sprechen viele Indizien dafür. Europaweit sind die wetter- und klimabedingten Schäden seit 1980 deutlich angestiegen. Sechs der neun Jahre mit den größten Schäden seit 1980 liegen nach 1998 (EEA 2008). (vgl. DAS-Indikator-Factsheet FiW-I-1)</p> <p>Die Verbundene Wohngebäudeversicherung schließt verschiedene Schadenstreiber ein. Neben den witterungsinduzierten Schäden durch Sturm und Hagel sind i. d. R. auch Schäden durch Brand, Blitzschlag, Explosion und Leitungswasser versichert. Während die letztgenannten Schadenstreiber erfahrungsgemäß über die Jahre hinweg mehr oder weniger stabile Schadenssummen verursachen, schwanken die Leistungen der Versicherer für Sturm- und Hagelschäden in der Verbundenen Wohngebäudeversicherung deutlich stärker von Jahr zu Jahr. (vgl. DAS-Indikator-Factsheet FiW-I-1)</p> <p>Im Privatbereich liegt die Versicherungsdichte von Gebäuden gegen Sturm und Hagel bundesweit bei weit über 90 %. Die Versicherungswirtschaft geht angesichts dieser Zahl von einer annähernden Marktsättigung aus. Bei dieser Versicherungsdichte lassen sich regionale Schadenereignisse in der Statistik abbilden (d. h. es bleibt nicht mehr dem Zufall überlassen, ob Extremereignisse in Form von Sturm und Hagel auf versicherte Werte treffen und im Schadensfalle entsprechende Forderungen von Auszahlungen nach sich ziehen). Eine Veränderung der Sturm- und Hagelschäden und der damit verbundenen Leistungen der Versicherer an die Versicherungsnehmer lässt sich daher in erheblichem Maße auf eine Veränderung der Schadenereignisse in Häufigkeit und Intensität zurückzuführen. Allerdings ist auch zu berücksichtigen, dass der Schadenaufwand trotz ähnlichem Naturgefahrengeschehen durchaus unterschiedlich ausfallen kann, je nachdem in welchem Raum und zu welchem Zeitpunkt das Schadenereignis eingetreten ist. Mit Schäden an Wohngebäuden sind die Versicherer beispielsweise dann in größerem Umfang konfrontiert, wenn Hagel räumlich konzentriert im städtischen Bereich niedergeht; Kfz-Versicherer kann es stärker treffen, wenn es zu Zeiten des Berufsverkehrs zu Hagelschlag kommt; in der Landwirtschaft führt Hagelschlag dann zu besonders hohen Schäden, wenn er kurz vor der Ernte eintritt. (vgl. DAS-Indikator-Factsheet FiW-I-1)</p> <p>Die Verbundene Hausratsversicherung erscheint für die Indikatorbildung mit Blick auf die Auswirkungen von Naturgefahren (Sturm und Hagel) weniger interessant. Der Hausrat ist i. d. R. nur bei der erweiterten Elementarschadenversicherung relevant, da Hochwasser in nennenswertem Umfang auch den Hausrat betreffen kann. (vgl. DAS-Indikator-Factsheet FiW-I-1)</p> <p>In <u>Teil A</u> des Indikators ist die Schadenhäufigkeit dargestellt. Sie weist auf die Anzahl der aufgetretenen Schäden hin. Sie zeigt diese allerdings nicht absolut, sondern bezogen auf versicherte Risiken. Das heißt, dass ein Rückgang der Schadenhäufigkeit theoretisch auch in einer Zunahme der versicherten Risiken begründet liegen kann. Da die Versicherungsdichte in Deutschland aber insgesamt sehr hoch ist, spielt diese Einschränkung des Indikators kaum eine Rolle. <u>Teil B</u> zeigt die Entwicklung des Schadensatzes. Der Schadensatz berechnet sich aus dem Schadenaufwand, d. h. den Bruttoaufwendungen für auftretende Versicherungsfälle, die ins Verhältnis zum Umfang der Versicherungssumme gesetzt werden. Mit Wertsteigerungen der versicherten Objekte geht auch ein höherer Schadenaufwand einher. Mit dem Schadensatz wird der Einfluss der sich i. d. R. vollziehenden Wertsteigerungen und der Inflation herausgerechnet und die Größe hat damit eine unmittelbarere Beziehung zu den eigentlichen</p>
------------	---

	<p>Schadenstreibern.</p> <p>Im Indikator-<u>Zusatz</u> ist der Schadendurchschnitt dargestellt. Er entspricht der mittleren Schadenhöhe, also der Bruttoaufwendung der Versicherer geteilt durch die Anzahl der Schäden. Er kann einen Hinweis darauf geben, ob die Intensität von Stürmen oder Hagelereignissen zunimmt, sodass sie größere Schäden verursachen. Es ist aber zu berücksichtigen, dass der Parameter auch Inflationseffekten und Wertsteigerungen unterliegt. Dieser Parameter wird im Indikator-Zusatz dargestellt.</p> <p>Der Indikator ist für die Versicherungswirtschaft relevant, da er den Umfang der Leistungserbringung und deren Entwicklung darstellt und damit eine Größe, die für die Versicherungen entscheidend für ihre Bilanz ist. Dies gilt umso mehr, als insbesondere im Privatbereich Prämienhöhen aufgrund der starken Preiskonkurrenz unter den Versicherern nicht spontan anpassbar sind, d. h. man versucht, Preisreaktionen auf größere Schadenereignisse möglichst zu vermeiden. (vgl. DAS-Indikator-Factsheet FiW-I-1)</p> <p>Für das Bauwesen ist der Indikator bedeutsam, da erwartet wird, dass es durch den Klimawandel zu einer Zunahme von Hagelereignissen sowie zu stärkeren Stürmen kommen könnten, die eine Gefahr für Gebäude, Bauwerke und die zugehörigen Infrastrukturen (wie die Kanalisation) darstellen und zu einer Mehrung an Schäden führen können. Stürme (insbesondere Winterstürme) sind bereits heute die größten Schadenstreiber für den Bereich der Wohngebäudeversicherung. Aufgrund der erreichten weit-gehenden Marktsättigung zeigt ein langjähriger Vergleich der Schadenssatzentwicklung sehr unmittelbar die Veränderung der tatsächlich auftretenden Schäden an Wohngebäuden. (vgl. DAS-Indikator-Factsheet FiW-I-1)</p> <p>Unter dem Dach des GDV laufen die Daten von 97 % der gesamten Bruttobeitragseinnahmen aller Versicherer in Deutschland zusammen; bei der Wohngebäudeversicherung dürfte der Anteil sogar nahe 100 % liegen. Damit kann der Indikator die Situation in Deutschland sehr gut abbilden. (vgl. DAS-Indikator-Factsheet FiW-I-1)</p>
Schwächen	<p>Die dargestellten Parameter sind nicht allgemein verständlich und bedürfen ergänzender Erläuterungen.</p> <p>Die Versicherungssummen, die den Wohngebäudeversicherungen zugrunde gelegt werden, werden nach der sogenannten gleitenden Neuwertversicherung berechnet. Die Versicherungssumme reflektiert nicht zwangsläufig den Verkehrswert eines Versicherungsobjekts; das Versicherungsverprechen lautet dennoch auf einen Schadenersatz, der den Kosten des Wiederaufbaus entspricht. Dennoch spiegeln sich in der Versicherungssumme konjunkturelle Entwicklungen, Effekte der Inflation und Standards beim Hausbau wider. (vgl. DAS-Indikator-Factsheet FiW-I-1)</p> <p>Bei der Interpretation der Daten ist die Meldesystematik zu berücksichtigen: Schäden werden oft zeitversetzt zu ihrem Auftreten bei den Versicherungen gemeldet. Vor allem wenn es zum Ende eines Jahres zu einem Schadenereignis kommt, können hohe Werte in den dargestellten Parameter erst jahresversetzt in der Zeitreihe auftreten.</p>
Referenzen auf andere Indikatoren-systeme	<p>Klimafolgenmonitoring des Bundes:  FiW-I-1 Schadenaufwand und Schadensatz in der Verbundenen Wohngebäudeversicherung:  FiW-I-2 Schadenquote und Schaden-Kosten-Quote in der Verbundenen Wohngebäudeversicherung</p> <p>Klimafolgenmonitoring Baden-Württemberg: I-SR-1 Schadenhäufigkeit und Schadensatz in der Verbundenen Wohngebäudeversicherung</p> <p>Klimafolgenmonitoring Thüringen: I-BA-1 Schadenaufwand und Schadensatz in der VGV</p>
In der BayKLAS beschriebene Klimawandel-folgen	<p>So können erhöhte Wind- und Schneelasten, Stürme, Hagel oder Blitze die Standsicherheit, Dachstabilität oder die Gebäudehülle beeinträchtigen. (S. 138)</p> <p>Für die Finanz- und Versicherungswirtschaft in Bayern ist vor allem die erwartete Zunahme von Extremereignissen relevant. Hinzu kommen höher versicherte Vermögenswerte und somit ein größeres Risikopotenzial. Stürme, Starkniederschlag und Hochwasser verursachen beispielsweise Schäden an Gebäuden und Infrastruktur. Demgegenüber können Trockenperioden und Dürren Produktionseinbußen in Land- und Forstwirtschaft zur Folge haben. (S. 174)</p>

	Die Versicherungsindustrie muss auf die Zunahme von extremen Naturgefahren und/oder ihrer Intensität reagieren (Berechnung von Versicherungsprämien, Auszahlung von Versicherungsleistungen, Versicherbarkeit bestimmter Risiken). (S. 174)
Zielbezüge	Sensibilisierung der Bevölkerung und Unternehmen für Elementarschadensversicherungen z. B. Bayerische Elementarschadenskampagne „Voraus denken – elementar handeln“ (F_01) Prüfung von Zugrunde gelegten Risikomodellen, um finanzielle Stabilität der Versicherungen und Banken zu gewährleisten (F_04)
Berichtspflichten	Derzeit keine

#### 4 Technische Informationen

Datenquelle	Teile A, B, Zusatz	Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV): Branchenstatistik
Räumliche Auflösung	Teile A, B, Zusatz	NUTS 1
Geografische Abdeckung	Teile A, B, Zusatz	Ganz Bayern
Zeitliche Auflösung	Teile A, B, Zusatz	Ab 1997, jährlich
Beschränkungen, Datenkosten	Keine	
Aufwand	Ca. 2 Stunden für die Datenfortschreibung	

#### 5 Darstellung

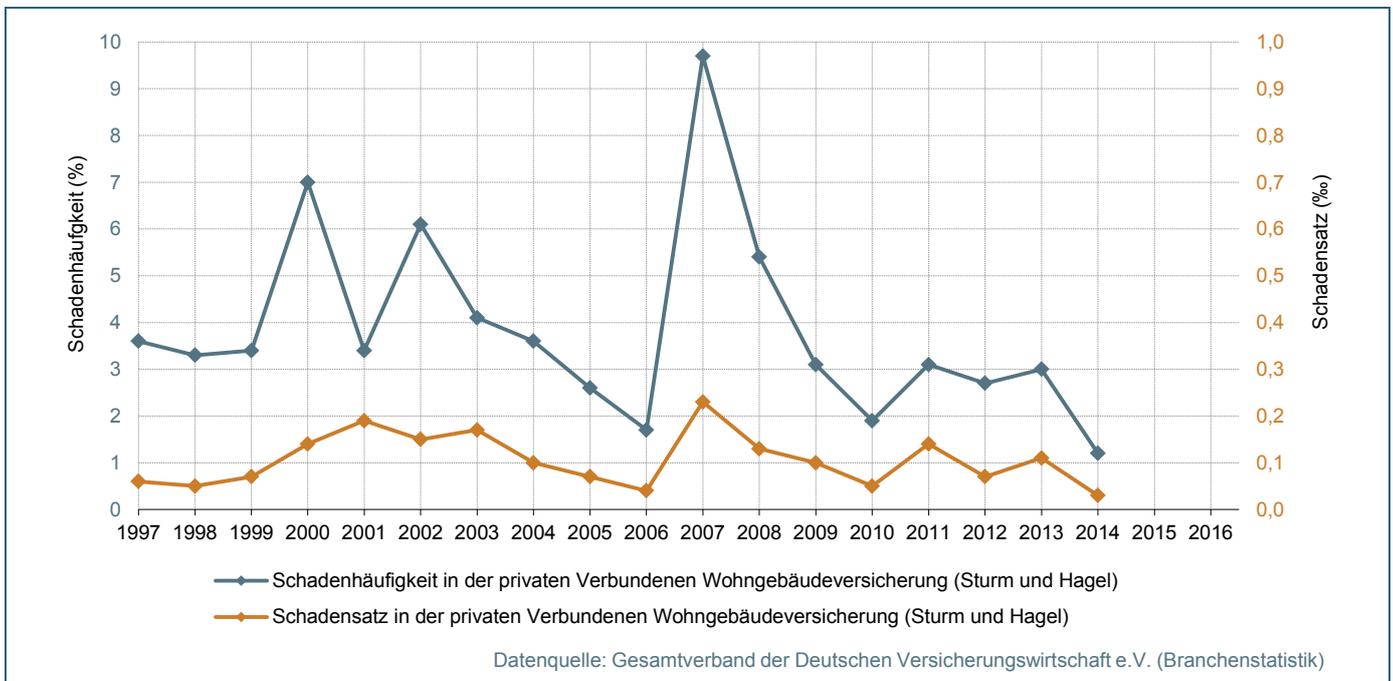


Abb. 1: Hagel- und Sturmschäden in der Verbundenen Wohngebäudeversicherung

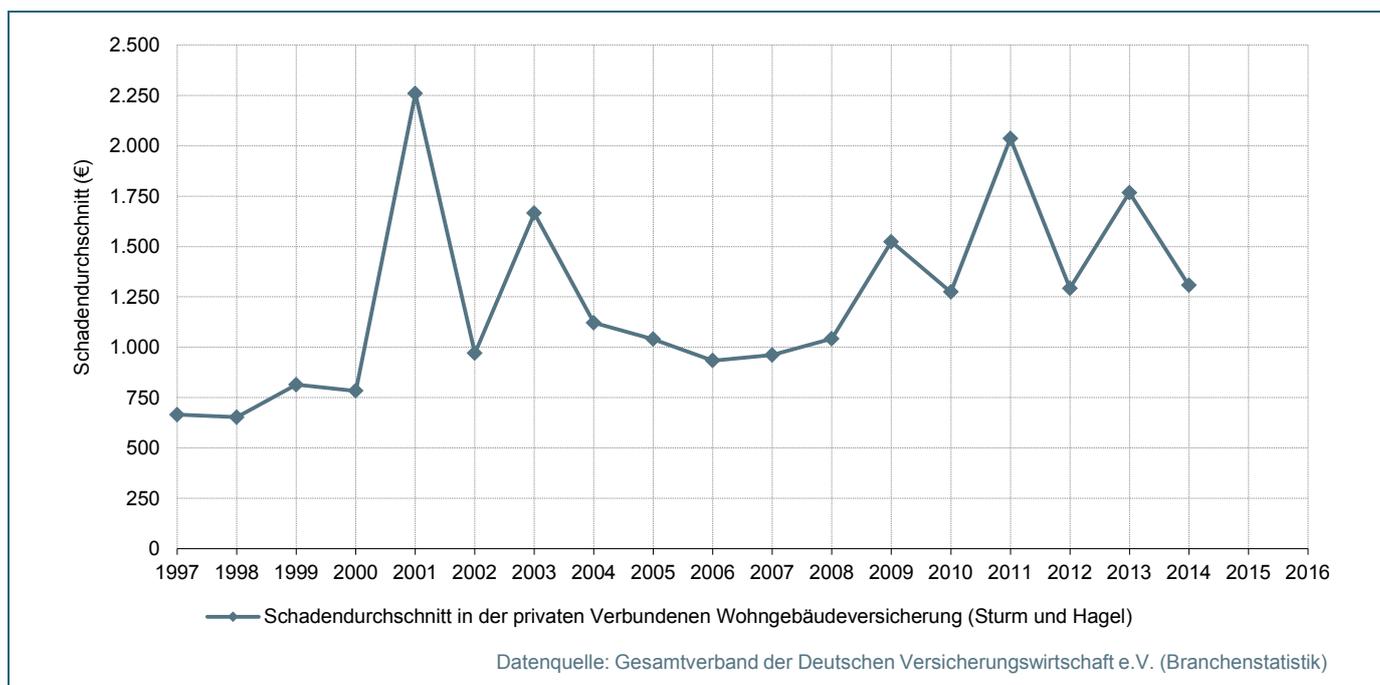


Abb. 2: Indikator-Zusatz: Schadendurchschnitt in der privaten Verbundenen Wohngebäudeversicherung (Sturm und Hagel)

## 6 Glossar

### Schadenaufwand

Der Schadenaufwand umfasst Zahlungen und Rückstellungen für die im Geschäftsjahr verursachten Schäden einschließlich der Aufwendungen für die Schadenregulierung. Mitunter wird synonym auch der Begriff der Versicherungsleistungen verwendet. Gemeint ist in keinem der beiden Fälle jedoch der Betrag, den der Versicherungsnehmer im Schadenfall letztendlich ausbezahlt bekommt.

### Verbundene Wohngebäudeversicherung

Die Verbundene Wohngebäudeversicherung ist eine so genannte kombinierte Versicherung, die i. d. R. Versicherungsschutz gegen die Gefahren Brand, Blitzschlag, Explosion, Leitungswasser, Sturm und Hagel bietet. Der Versicherungsgegenstand ist das Wohngebäude, ohne dessen Inhalt an beweglichen Sachen. Die Gefahrenreihe kann durch den Abschluss einer erweiterten Elementarschadenversicherung ergänzt werden.

## 7 Weiterführende Literatur

- DAS-Indikator-Factsheet FiW-I-1: Schadenaufwand und Schadensatz in der Verbundenen Wohngebäudeversicherung: [www.umweltbundesamt.de/fiw-i-1-das-indikator](http://www.umweltbundesamt.de/fiw-i-1-das-indikator)
- DAS-Indikator-Factsheet FiW-I-2: Schadenquote und Schaden-Kosten-Quote in der Verbundenen Wohngebäudeversicherung: [www.umweltbundesamt.de/fiw-i-2-das-indikator](http://www.umweltbundesamt.de/fiw-i-2-das-indikator)
- GDV 2015: Naturgefahrenreport 2015. Die Schaden-Chronik der deutschen Versicherer in Zahlen, Stimmen und Ereignissen. 49 S. [www.gdv.de/wp-content/uploads/2015/10/Naturgefahrenreport-2015\\_Die-Unwetter-Bilanz-der-deutschen-Versicherer\\_GDV.pdf](http://www.gdv.de/wp-content/uploads/2015/10/Naturgefahrenreport-2015_Die-Unwetter-Bilanz-der-deutschen-Versicherer_GDV.pdf)
- GDV 2016: Naturgefahrenreport 2016. Die Schaden-Chronik der deutschen Versicherer in Zahlen, Stimmen und Ereignissen. 51 S. [www.gdv.de/wp-content/uploads/2016/10/Naturgefahrenreport-2016.pdf](http://www.gdv.de/wp-content/uploads/2016/10/Naturgefahrenreport-2016.pdf)
- Hermann Held H., Gerstengarbe F.-W., Pardowitz T., Pinto J.G., Ulbrich U., Born K., Donat M.G., Karremann M.K., Leckebusch G.C., Ludwig P., Nissen K.M., Österle H., Prahl B.F., Werner P.C., Befort D.J., Burghoff O. 2013: Projections of global warming-induced impacts on winter storm losses in the German private household sector, Climatic Change, November 2013, Volume 121, Issue 2: 195-207.
- StMUV – Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (Hrsg.) 2016: Bayerische Klima-Anpassungsstrategie. München, 218 S.



Anlage 2-26 zur Machbarkeitsstudie „Indikatoren für Klimafolgen und Klimaanpassung in Bayern“

Indikatoren-Kennblatt zum Klimafolgenmonitoring

## I-FI-2 Elementarschäden in der Verbundenen Wohngebäudeversicherung

### 1 Basisinformationen

Verfasser	Bosch & Partner GmbH: Konstanze Schönthaler
Zuständigkeit	Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Letzte Aktualisierung	23.08.2017
Nächste Fortschreibung	

### 2 Einordnung und Berechnung

Handlungsfeld	Finanzwirtschaft	
Kategorie	Impact	
Indikationsfeld	Risiken in der Banken- und Versicherungswirtschaft (BayKLAS-Thema: Finanzwirtschaft)	
Thematischer Teilaspekt	Zunahme von Versicherungsschäden – Sach- und Vermögensschäden	
Kurzbeschreibung des Indikators (Einheit)	Teil A	Schadenhäufigkeit in der Erweiterten Elementarschadenversicherung (Prozent, %)
	Teil B	Schadensatz in der Erweiterten Elementarschadenversicherung (Promille, ‰)
	Zusatz	Schadendurchschnitt in der Erweiterten Elementarschadenversicherung (Euro)
Berechnungsvorschrift	Teil A	direkte Übernahme der Daten Schadenhäufigkeit = Anzahl der versicherten Schäden / hundert versicherte Risiken
	Teil B	direkte Übernahme der Daten Schadensatz = Schadenaufwand pro Jahr (Brutto-Aufwendungen für Versicherungsfälle des Geschäftsjahres) / Versicherungssumme
	Zusatz	direkte Übernahme der Daten Schadendurchschnitt = Brutto-Aufwendung für Versicherungsfälle / Zahl der Schäden
Verständnis des	Teil A	Je höher der Indikatorwert, desto mehr Schäden durch Sturm und Hagel treten auf.

Indikatorwerts	Teil B	Je höher der Indikatorwert, desto höher sind die Schadensaufwendungen im Vergleich zur Versicherungssumme.
	Zusatz	Je höher der Indikatorwert, desto höher sind die Schadensaufwendungen im Durchschnitt pro Versicherungsfall.

### 3 Begründung und Interpretation

Begründung	<p>Bisher gilt der Zusammenhang zwischen Klimawandel und steigenden Schäden durch Unwetter etc. noch nicht als gesichert, allerdings sprechen viele Indizien dafür. Europaweit sind die wetter- und klimabedingten Schäden seit 1980 deutlich angestiegen. Sechs der neun Jahre mit den größten Schäden seit 1980 liegen nach 1998 (EEA 2008). (vgl. DAS-Indikator-Factsheet FiW-I-1)</p> <p>Vor allem Starkregen und Hochwasser und damit verbunden Überschwemmungen und Rückstau werden im Zuge des Klimawandels voraussichtlich zunehmen. Aber auch Schneedruck kann mit steigenden Temperaturen zunächst häufiger vorkommen, da bei geringen Temperaturzunahmen die Luft mehr Feuchtigkeit transportieren kann und es somit im Winter mehr schneit. Wenn die Temperatur stärker steigt, wird der Schneefall in vielen Regionen jedoch deutlich abnehmen. (vgl. adelphi / PRC / EURAC 2015)</p> <p>Schäden, die durch die o. g. Einwirkungen an Gebäuden entstehen können, sind nur unvollständig bzw. nicht durch die übliche Verbundene Wohngebäudeversicherung abgedeckt. Diese umfasst als witterungsinduzierte Schäden lediglich Sturm und Hagel. Außerdem sind als mögliche indirekt witterungsinduzierte Ereignisse i. d. R. auch Schäden durch Brand und Blitzschlag versichert. Die Erweiterte Elementarschadenversicherung (eEV) ergänzt die Verbundene Wohngebäudeversicherung um die Absicherung durch Erdbeben, Erdbeben, Erdrutsch, Erdsenkung, Schneedruck und Lawinen sowie Hochwasserschäden durch Überschwemmung. Letztere sind zugleich der größte Schadenstreiber der eEV. Nicht markteinheitlich mitversichert ist der Rückstau aus Starkniederschlägen. Die eEV gewinnt daher vor dem Hintergrund zunehmender klimawandelbedingter Risiken an Bedeutung.</p> <p>Aufgrund der mit dem Klimawandel steigenden Risiken vor allem auch der Elementarschäden appelliert die Bayerische Staatsregierung an Privatpersonen und Unternehmen, sich umfassend gegen Schäden aus Naturgefahren abzusichern. Deshalb hat sie bereits im Jahr 2009 die Öffentlichkeitskampagne „Voraus denken - elementar versichern“ gestartet. Eigentümer, Mieter und Pächter sind gefordert, durch präventive Maßnahmen am und im Gebäude sowie ausreichenden Versicherungsschutz Eigenvorsorge zu betreiben. Diese Eigenvorsorge durch die Bürger hat Priorität gegenüber staatlichen Nothilfen nach Katastrophenfällen. Nur die Betroffenen, die aufgrund der Risikoeinstufung keine Versicherung gegen Elementarrisiken abschließen konnten, können mit einer solchen staatlichen Unterstützung aus den Härtefonds bei Notständen durch Elementarereignisse rechnen. Der Bayerische Ministerrat hat im Frühjahr 2017 beschlossen, dass ab 01. Juli 2019 bei Schäden durch Elementargefahren wie Überschwemmungen keine staatlichen finanziellen Unterstützungen in Form von Soforthilfen mehr gewährt werden.</p> <p>Daten aus der eEV erlauben Rückschlüsse auf die Häufigkeit und Intensität von Schäden an Wohngebäuden, die zu einem erheblichen Teil witterungsbedingt verursacht sind. Die Daten zu Schadenhäufigkeit, Schadendurchschnitt und Schadensatz ergänzen die Informationen aus der Verbundenen Wohngebäudeversicherung (s. Indikator I-FI-1).</p> <p>Analog zum Indikator I-FI-1 ist in <u>Teil A</u> des Indikators die Schadenhäufigkeit dargestellt. Sie weist auf die Anzahl der aufgetretenen Schäden hin. Sie zeigt diese allerdings nicht absolut, sondern bezogen auf versicherte Risiken. <u>Teil B</u> zeigt die Entwicklung des Schadensatzes. Der Schadensatz berechnet sich aus dem Schadenaufwand, d. h. den Bruttoaufwendungen für auftretende Versicherungsfälle, die ins Verhältnis zum Umfang der Versicherungssumme gesetzt werden. Mit Wertsteigerungen der versicherten Objekte geht auch ein höherer Schadenaufwand einher. Mit dem Schadensatz wird der Einfluss der sich i. d. R. vollziehenden Wertsteigerungen und der Inflation herausgerechnet und die Größe hat damit eine unmittelbare Beziehung zu den eigentlichen Schadenstreibern.</p>
------------	---

	<p>Im Indikator-<u>Zusatz</u> ist der Schadendurchschnitt dargestellt. Er entspricht der mittleren Schadenhöhe, also der Bruttoaufwendung der Versicherer geteilt durch die Anzahl der Schäden. Er kann einen Hinweis darauf geben, ob die Intensität bei den für die eEV relevanten Schadentreibern zunimmt, sodass es zu größeren Schäden kommt. Es ist aber zu berücksichtigen, dass der Parameter auch Inflationseffekten und Wertsteigerungen unterliegt.</p> <p>Der Indikator (vor allem mit seinem Indikator-Teil zum Schadensatz) ist für die Versicherungswirtschaft relevant, da er den Umfang der Leistungserbringung und deren Entwicklung darstellt und damit eine Größe, die für die Versicherungen entscheidend für ihre Bilanz ist. Dies gilt umso mehr, als insbesondere im Privatbereich Prämienhöhen aufgrund der starken Preiskonkurrenz unter den Versicherern nicht spontan anpassbar sind, d. h. man versucht, Preisreaktionen auf größere Schadenereignisse möglichst zu vermeiden. (vgl. DAS-Indikator-Factsheet FiW-I-1)</p> <p>Für das Bauwesen ist der Indikator bedeutsam, da erwartet wird, dass es durch den Klimawandel zu einer Zunahme an Starkregen sowie zu stärkeren Ausuferungen kommen könnten, die eine Gefahr für Gebäude, Bauwerke und die zugehörigen Infrastrukturen (wie die Kanalisation) darstellen und zu einer Mehrung an Schäden führen können. Überschwemmungen sind bereits heute die größten Schadenstreiber für die eEV. (vgl. DAS-Indikator-Factsheet FiW-I-1)</p> <p>Unter dem Dach des GDV laufen die Daten von 97 % der gesamten Bruttobeitragseinnahmen aller Versicherer in Deutschland zusammen; bei der Wohngebäudeversicherung dürfte der Anteil sogar nahe 100 % liegen. Damit kann der Indikator die Situation in Deutschland sehr gut abbilden. (vgl. DAS-Indikator-Factsheet FiW-I-1)</p> <p>In Bayern sind nach aktuellen Zahlen des Gesamtverbands der Deutschen Versicherungswirtschaft GDV derzeit 25 % der Gebäude gegen Elementarschäden versichert. Damit liegt Bayern deutlich unter dem bundesdeutschen Durchschnitt von 37 % (GDV 2016: 48).</p>
Schwächen	<p>Die dargestellten Parameter sind nicht allgemein verständlich und bedürfen ergänzender Erläuterungen.</p> <p>Die noch vergleichsweise geringe Versicherungsdichte bei der eEV in Bayern grenzt die Aussagekraft des Indikators ein. Die Daten aus der Versicherungswirtschaft spiegeln noch nicht unmittelbar die Veränderung der tatsächlich auftretenden Schäden an Wohngebäuden wieder. Hinzu kommt, dass die Entwicklung der Versicherungsdichte bei der eEV auch in Zukunft nicht vorhersehbar ist und daher bei einer Fortschreibung des Indikators stets Berücksichtigung bei der Interpretation der Ergebnisse finden sollte.</p> <p>Bei der Interpretation der Daten ist die Meldesystematik zu berücksichtigen: Schäden werden oft zeitversetzt zu ihrem Auftreten bei den Versicherungen gemeldet. Vor allem wenn es zum Ende eines Jahres zu einem Schadenereignis kommt, können hohe Werte in den dargestellten Parameter erst jahresversetzt in der Zeitreihe auftreten.</p>
Referenzen auf andere Indikatoren-systeme	<p>Klimafolgenmonitoring des Bundes:  FiW-I-1 Schadenaufwand und Schadensatz in der Verbundenen Wohngebäudeversicherung;  FiW-I-2 Schadenquote und Schaden-Kosten-Quote in der Verbundenen Wohngebäudeversicherung  FiW-R-1 Versicherungsdichte der erweiterten Elementarschadenversicherung für Wohngebäude</p> <p>Klimafolgenmonitoring Baden-Württemberg: I-SR-2 Schadenaufwand und Schadensatz in der Elementarschadenversicherung</p> <p>Klimafolgenmonitoring Thüringen: I-BA-2 Schadenaufwand und Schadensatz in der Elementarschadenversicherung</p>
In der BayKLAS beschriebene Klimawandel-folgen	<p>Rückstauendes Grundwasser kann zu Schäden an und in unterirdischen Gebäudeteilen wie Kellern oder Parkhäusern führen, vor allem da, wo Gebäude in Senken gebaut wurden. (S. 138)</p> <p>Für die Finanz- und Versicherungswirtschaft in Bayern ist vor allem die erwartete Zunahme von Extremereignissen relevant. Hinzu kommen höher versicherte Vermögenswerte und somit ein größeres Risikopotenzial. Stürme, Starkniederschlag und Hochwasser verursachen beispielsweise Schäden an Gebäuden und Infrastruktur. Demgegenüber können</p>

	<p>Trockenperioden und Dürren Produktionseinbußen in Land- und Forstwirtschaft zur Folge haben. (S. 174)</p> <p>Die Versicherungsindustrie muss auf die Zunahme von extremen Naturgefahren und/oder ihrer Intensität reagieren (Berechnung von Versicherungsprämien, Auszahlung von Versicherungsleistungen, Versicherbarkeit bestimmter Risiken). (S. 174)</p>
Zielbezüge	<p>Sensibilisierung der Bevölkerung und Unternehmen für Elementarschadensversicherungen z. B. Bayerische Elementarschadenskampagne „Voraus denken – elementar handeln“ (F_01)</p> <p>Prüfung von Zugrunde gelegten Risikomodellen, um finanzielle Stabilität der Versicherungen und Banken zu gewährleisten (F_04)</p> <p>Schaffung von Anreizmechanismen für Risikominderung z. B. Prämiennachlässe bei guter Baustruktur, Erarbeitung von Gebäude- und Hochwasserpässen (F_06)</p> <p>Abschließen von Elementarschadensversicherungen zur Reduzierung der Schadensrisiken im nicht-öffentlichen Bereich (GB_08)</p>
Berichtspflichten	Derzeit keine

#### 4 Technische Informationen

Datenquelle	Teile A, B, Zusatz	Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV): Branchenstatistik
Räumliche Auflösung	Teile A, B, Zusatz	NUTS1
Geografische Abdeckung	Teile A, B, Zusatz	Ganz Bayern
Zeitliche Auflösung	Teile A, B, Zusatz	Ab 2002, jährlich
Beschränkungen, Datenkosten	Keine	
Aufwand	Ca. 2 Stunden für die Datenfortschreibung	

## 5 Darstellung

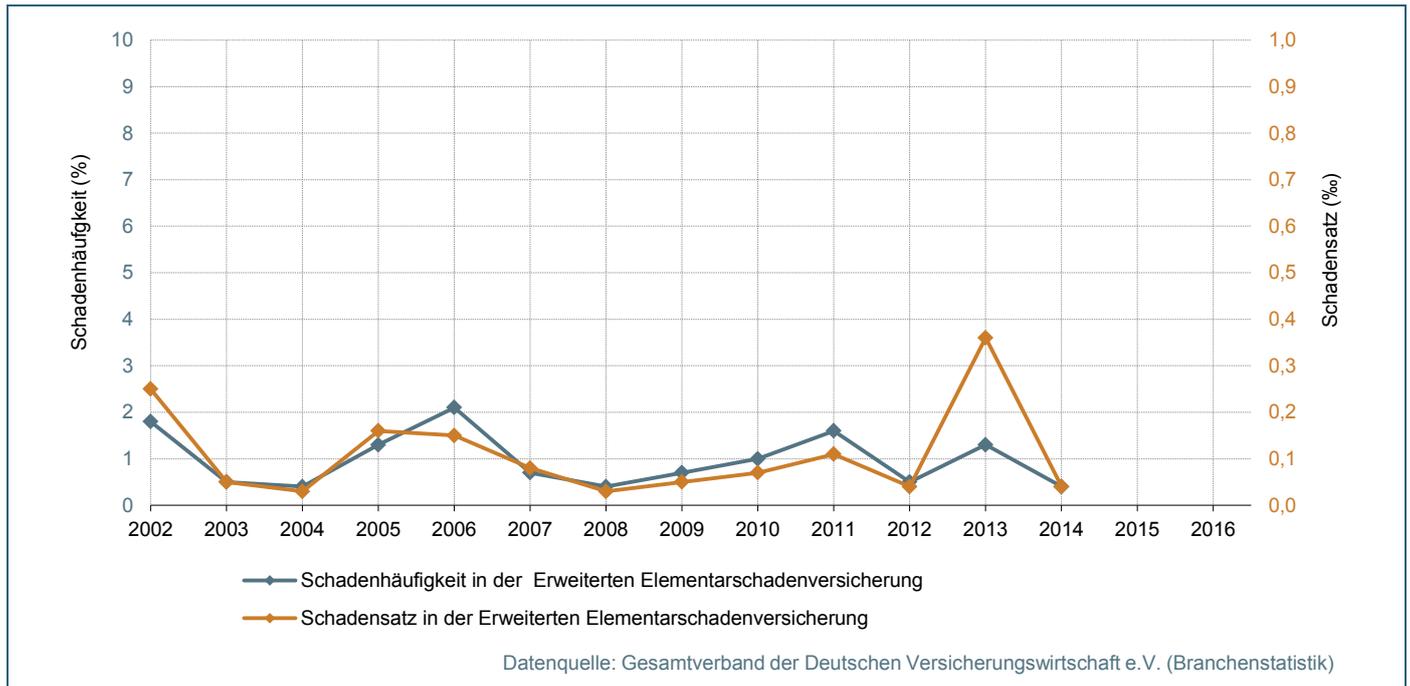


Abb. 1: Elementarschäden in der Verbundenen Wohngebäudeversicherung

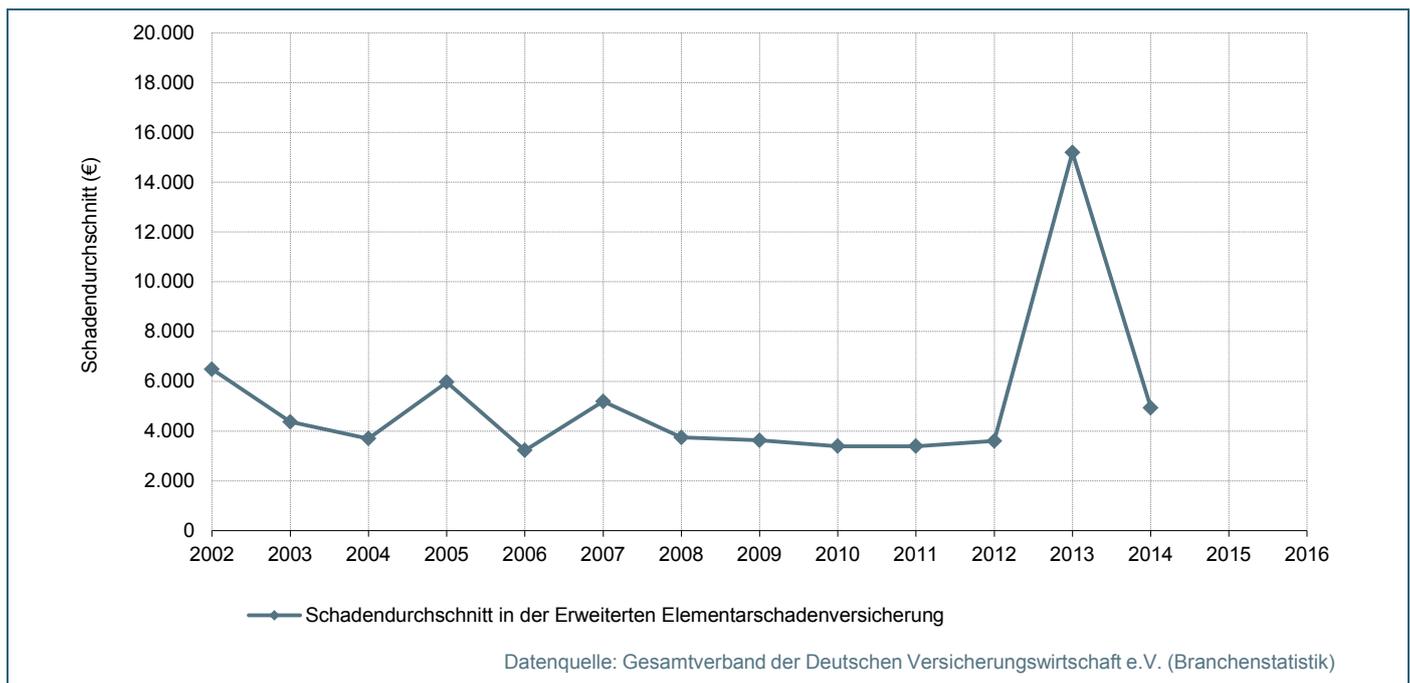


Abb. 2: Indikator-Zusatz: Schadendurchschnitt in der Erweiterten Elementarschadenversicherung

## 6 Glossar

### Erdrutsch

Ein Erdrutsch ist ein naturbedingtes Abgleiten oder Abstürzen von Gesteins- oder Erdmassen. Erdrutsch kann im Rahmen der Gefahrengruppe „Weitere Elementargefahren“ sowohl in der Geschäftsversicherung als auch in der Gebäudeversicherung und in der Hausratversicherung mit versichert werden.

### Erdsenkung

Eine Erdsenkung ist eine naturbedingte durch unterirdische Auslaugung und Verfrachtung von meist leichtlöslichem Gestein und die Bildung natürlicher Hohlräume verursachte Absenkung des Erdbodens. Erdsenkung kann im Rah-

men der Gefahrengruppe „Weitere Elementargefahren“ sowohl in der Geschäftsversicherung als auch in der Gebäudeversicherung und in der Hausratversicherung mit versichert werden.

### **Starkregen**

Der Deutsche Wetterdienst spricht von Starkregen bzw. auch Starkniederschlag, wenn in einer Stunde mehr als 10 mm bzw. in 6 Stunden mehr als 20 mm Regen fallen.

### **Schadenaufwand**

Der Schadenaufwand umfasst Zahlungen und Rückstellungen für die im Geschäftsjahr verursachten Schäden einschließlich der Aufwendungen für die Schadenregulierung. Mitunter wird synonym auch der Begriff der Versicherungsleistungen verwendet. Gemeint ist in keinem der beiden Fälle jedoch der Betrag, den der Versicherungsnehmer im Schadenfall letztendlich ausbezahlt bekommt.

### **Verbundene Wohngebäudeversicherung**

Die Verbundene Wohngebäudeversicherung ist eine so genannte kombinierte Versicherung, die i.d.R. Versicherungsschutz gegen die Gefahren Brand, Blitzschlag, Explosion, Leitungswasser, Sturm und Hagel bietet. Der Versicherungsgegenstand ist das Wohngebäude, ohne dessen Inhalt an beweglichen Sachen. Die Gefahrenreihe kann durch den Abschluss einer erweiterten Elementarschadenversicherung ergänzt werden.

### **Erweiterte Elementarschadenversicherung**

Eine Elementarschadenversicherung deckt Schäden ab, die durch extreme Naturereignisse verursacht werden. Darunter fallen Schäden durch Überschwemmung (durch Ausuferung und Starkregen), Rückstau, Erdbeben, Erdsenkung, Erdbeben, Schneedruck, Lawinen und Vulkanausbruch. In erweiterten Versicherungen gegen Elementarschäden sind die Einzelgefahren i. d. R. nicht frei wählbar. Es gilt ein Versicherungsschutz gegen die Gesamtheit der Schadensursachen, auch wenn das individuelle Schadensrisiko der einzelnen versicherten Objekte sehr unterschiedlich sein kann. Dies wird typischerweise bei der Berechnung des individuellen Beitrages berücksichtigt. Aufgrund des Risikoausgleichs ist diese Vertragsgestaltung jedoch notwendig. Die Elementarschadenversicherung kann entweder zusätzlich zur Hausrat- oder zur Wohngebäudeversicherung abgeschlossen werden.

## **7 Weiterführende Literatur**

- Informationen des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie zu Elementarschäden und Versicherungen: [www.elementar-versichern.bayern.de](http://www.elementar-versichern.bayern.de)
- Plattform "Naturgefahren Bayern": [www.naturgefahren.bayern.de/index.htm](http://www.naturgefahren.bayern.de/index.htm)
- DAS-Indikator-Factsheet FiW-I-1 Schadenaufwand und Schadensatz in der Verbundenen Wohngebäudeversicherung: [www.umweltbundesamt.de/fiw-i-1-das-indikator](http://www.umweltbundesamt.de/fiw-i-1-das-indikator)
- DAS-Indikator-Factsheet FiW-I-2 Schadenquote und Schaden-Kosten-Quote in der Verbundenen Wohngebäudeversicherung: [www.umweltbundesamt.de/fiw-i-2-das-indikator](http://www.umweltbundesamt.de/fiw-i-2-das-indikator)
- DAS-Indikator-Factsheet FiW-R-1 Versicherungsdichte der erweiterten Elementarschadenversicherung für Wohngebäude: [www.umweltbundesamt.de/fiw-r-1-das-indikator](http://www.umweltbundesamt.de/fiw-r-1-das-indikator)
- adelphi / PRC / EURAC 2015: Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. Umweltbundesamt. Climate Change 24/2015. [www.umweltbundesamt.de/publikationen/vulnerabilitaet-deutschlands-gegenueber-dem](http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/vulnerabilitaet-deutschlands-gegenueber-dem)
- GDV – Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft 2013: Elementarschadenversicherung im Überblick.  
[www.gdv.de/wp-content/uploads/2013/08/GDV-Grafik-Versicherungsdichte\\_Elementar\\_Ueberblick\\_2013.pdf](http://www.gdv.de/wp-content/uploads/2013/08/GDV-Grafik-Versicherungsdichte_Elementar_Ueberblick_2013.pdf)
- GDV 2015: Naturgefahrenreport 2015. Die Schaden-Chronik der deutschen Versicherer in Zahlen, Stimmen und Ereignissen. 49 S. [www.gdv.de/wp-content/uploads/2015/10/Naturgefahrenreport-2015\\_Die-Unwetter-Bilanz-der-deutschen-Versicherer\\_GDV.pdf](http://www.gdv.de/wp-content/uploads/2015/10/Naturgefahrenreport-2015_Die-Unwetter-Bilanz-der-deutschen-Versicherer_GDV.pdf)

- GDV 2016: Naturgefahrenreport 2016. Die Schaden-Chronik der deutschen Versicherer in Zahlen, Stimmen und Ereignissen. 51 S. [www.gdv.de/wp-content/uploads/2016/10/Naturgefahrenreport-2016.pdf](http://www.gdv.de/wp-content/uploads/2016/10/Naturgefahrenreport-2016.pdf)
- Hattermann F. F., Huang S., Burghoff O., Willems W., Österle H., Büchner M., Kundzewicz Z. 2014: Modelling flood damages under climate change conditions – a case study for Germany, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 14, 3151-3168, doi:10.5194/nhess-14-3151-2014, 2014.
- Hattermann F. F., Huang S., Burghoff O., Hoffmann P., Kundzewicz Z. W. 2016: Brief Communication: An update of the article "Modelling flood damages under climate change conditions – a case study for Germany", Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 16, 1617-1622, doi:10.5194/nhess-16-1617-2016, 2016
- Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft 2014: Bedeutende Schadenereignisse Deutschland 1970–2013. [www.ergo.de/~media/ERGOcom/PDF/Praesentationen/2014/20140116\\_Schadenereignisse\\_Deutschland\\_1970-2013.pdf?la=de](http://www.ergo.de/~media/ERGOcom/PDF/Praesentationen/2014/20140116_Schadenereignisse_Deutschland_1970-2013.pdf?la=de)
- StMWIVT – Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie & BayStMUG – Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit 2011: Voraus denken – elementar versichern. Informationsfaltblatt. [www.gdv.de/wp-content/uploads/2012/03/Bayern\\_ESV\\_Unternehmen\\_Flyer.pdf](http://www.gdv.de/wp-content/uploads/2012/03/Bayern_ESV_Unternehmen_Flyer.pdf)
- StMUV – Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (Hrsg.) 2016: Bayerische Klima-Anpassungsstrategie. München, 218 S.